Vol. XXIV Nr 4 1955

ACTA SOCIETATIS BOTANICORUM POLONIAE

Organ Polskiego Towarzystwa Botanicznego
Publication de la Société Botanique de Pologne



WARSZAWA 1955

TREŚĆ — SOMMAIRE

Vol. XXIV. Nr 4.

Vol. XXIV 1955

ACTA SOCIETATIS BOTANICORUM POLONIAE

Organ Polskiego Towarzystwa Botanicznego
Publication de la Société Botanique de Pologne



WARSZAWA 1955

TREŚĆ – SOMMAIRE

Vol. XXIV. 1955.

ERRATA:

W zeszycie 3 tomu XXIV w pracy J. Molè-Bajer „A simple method for examining the action of chemicals on mitosis in living endosperm“ została pomyłkowo zmieniona kolejność stronic. Str. 621 powinna być str. 623, zaś str. 623 powinna być str. 621.

In number 3 of the Vol. XXIV in the paper of J. Molè-Bajer „A simple method for examining the action of chemicals on mitosis in living endosperm“ the pages 621 and 623 are changed. The page 621 should be 623 and 623 should be 621.



ACTA SOCIETATIS BOTANICORUM POLONIAE

Organ Polskiego Towarzystwa Botanicznego
Publication de la Société Botanique de Pologne

Vol. XXIV Nr 4



WARSZAWA 1955

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE — DZIAŁ CZASOPISM
Warszawa 1, Krakowskie Przedmieście 79

Nakład 1495 + 102	*Oddano do składania 25.VI.55 r.*
Ark. wyd. 4,8, druk. 4,25	*Podpisano do druku 20.X.55 r*
Papier ilustr. III kl. 80 g 70×100/16	*Druk ukończono w październiku 1955*
Cena zł 20. —	*Zamówienie 333 B-6-10487*

Stl. Drukarnia Naukowa, Warszawa, Śniadeckich 8.

ACTA SOCIETATIS
BOTANICORUM POLONIAE
Vol. XXIV — Nr 4
1955

Nowa metoda jednoczesnego oznaczania transpiracji i absorpcji wody przez rośliny w kulturach wodnych

A New Method for Simultaneous Determination of Transpiration and Absorption in Water Cultures

J. TARŁOWSKI

WSTĘP

W roku 1949 badając wpływ toksycznych koncentracji roztworu soli sodowej kwasu 2,4-dwuchlorofenoksyoctowego (2,4-D) na fasolę (praca nieopublikowana) stwierdziłem między innymi, że już 0,3% roztwór wodny 2,4-D powoduje wyraźne zachwianie bilansu wodnego rośliny. Mianowicie już w 3 dni po opryskaniu roztworem 2,4-D transpiracja roślin doświadczalnych w porównaniu z transpiracją roślin kontrolnych wyraźnie zmalała, gdy jednocześnie zawartość wody w roślinach wzrosła. Doświadczenie powtórzono wiosną 1952 r.[1] z tym samym wynikiem.

Jednakże by móc zbadać dynamikę działania 2,4-D na transpirację i absorpcję wody, potrzebna była metoda pozwalająca w sposób ciągły oznaczać z dostatecznie dużą precyzją równocześnie absorpcję wody i transpirację rośliny doświadczalnej. Bowiem tylko jednoczesne oznaczenie przebiegu absorpcji i transpiracji wody przez roślinę poddaną działaniu substancji regulujących wzrost (jak w tym wypadku 2,4-D) pozwala ustalić szybkość i rodzaj zmian zachodzących w bilansie wodnym rośliny pod wpływem auksyn czy jakichkolwiek innych czynników.

Rozwiązanie tego zadania wymagało zastosowania odpowiedniego aparatu do jednoczesnego rejestrowania przebiegu transpiracji i absorpcji wody przez nieuszkodzoną i niepozbawioną korzeni roślinę.

Przegląd literatury

Oznaczaniem transpiracji i absorpcji wody przez rośliny zajmowało się bardzo wielu fizjologów. Stosowano przy tym najróżnorodniejsze metody.

---

[1] W wykonaniu brały udział T. Sebyła, W. Winkler - Szymańska i M. Żak, za co im na tym miejscu składam serdeczne podziękowanie.

Za najbardziej dokładne uznano powszechnie metody wagowe (N. Maksimow, 1952, S. Kostyczew, 1933 i in.).

Ilościowe oznaczanie intensywności transpiracji lub samej tylko absorpcji wody nie przedstawia specjalnych trudności, nawet jeśli badacz zamierza śledzić przebieg procesu i prowadzić oznaczenia w sposób ciągły. Jeśli idzie o wagowe oznaczanie przebiegu transpiracji, to opracowany został cały szereg mniej lub bardziej precyzyjnych aparatów samorejestrujących. Dokładne ich opisy można znaleźć u V. Grafego (1914), A. Burgersteina (1904, 1920), N. Maksimowa (1952).

Burgerstein (1920) dzieli samorejestrujące aparaty służące do oznaczania przebiegu transpiracji na 2 grupy, a mianowicie na aparaty, w których przebieg procesu rejestrowany jest w sposób ciągły („ununterbrochene Regiestrierung", „continous record type") i na aparaty, w których rejestracja odbywa się skokowo („schrittweise Aufzeichnung", „step-by step type"), to znaczy, że jednakowe, małe ubytki ciężaru notowane są w pewnych odcinkach czasu, których długość zależy od intensywności procesu. Do licznych aparatów tego typu należy np. opisany ostatnio aparat K. Singha (1953).

Aparatów służących do oznaczania przebiegu absorpcji wody przez korzenie roślin znajdujemy w literaturze znacznie mniej. Zastosowanie metody wagowej jest tu znacznie trudniejsze, to też prototypem niemal wszystkich tego rodzaju przyrządów jest potometr J. Vesque'a (1876), w którym ilość pobranej przez korzenie rośliny wody oznacza się objętościowo.

Najczęściej używanym aparatem tego typu jest znany aparat O. Rennera (1911). Istnieją też aparaty samorejestrujące do oznaczania absorpcji wody.

Wszystkie te aparaty służące do oznaczania absorpcji wody (opisane przez Burgersteina, 1920 i Maksimowa, 1952) mają zasadniczą, wspólną wadę. Mianowicie są one wrażliwe na zmianę temperatury. Pomiar absorpcji wody oparty na zmianie objętości jest przy zmiennej temperaturze obarczony błędem powstającym na skutek cieplnej rozszerzalności wody. Autorzy wymienionych aparatów usiłowali uniknąć tych błędów dwiema drogami: 1) przez zanurzanie czułych na zmianę temperatury części aparatu do bieżącej wody o „stałej" temperaturze; 2) przez kalibrowanie zbiorników wody w różnych temperaturach i wprowadzanie przy obliczaniu wyników odpowiednich poprawek. Oba te sposoby nie usuwają całkowicie niedogodności tej metody i możliwych źródeł błędów, co jednak nie przeszkadza, że za pomocą tych aparatów uzyskać można mniej lub bardziej poprawne wyniki.

Tak więc zagadnienie oznaczania samej absorpcji wody lub samej transpiracji jest w dużym stopniu rozwiązane. Zupełnie jednak inaczej

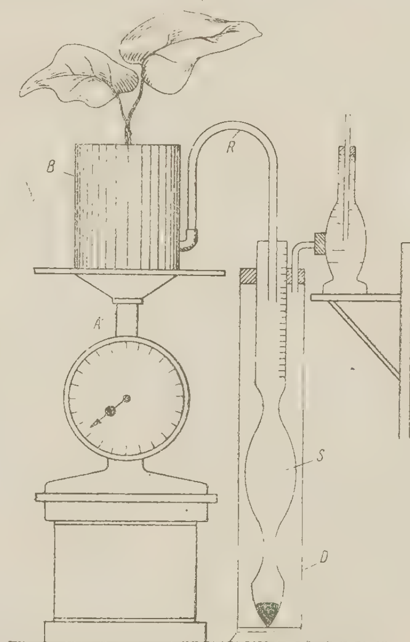
przedstawia się sprawa oznaczania transpiracji i absorpcji wody jednocześnie na tej samej roślinie. Pod tym względem zrobiono dotychczas bardzo niewiele, już choćby z tego powodu, że wielu badaczy zakładało — zupełnie błędnie — że oznaczenie jednego tylko z tych procesów określa równocześnie i drugi, gdyż, jak badacze ci sądzili, transpirację można uważać zawsze za równą absorpcji.

Tymczasem jednoczesne oznaczanie przebiegu transpiracji i absorpcji wody u tej samej rośliny jest zadaniem znacznie trudniejszym.

Do bezpośrednich, ścisłych oznaczeń bilansu pobieranej i wyparowywanej przez roślinę wody, do ustalenia wpływu warunków zewnętrznych na stan tego bilansu niezbędny jest odpowiednio skonstruowany aparat. Mimo tak wyraźnej potrzeby nie znalazłem takiego aparatu w literaturze.

Jednym opisanym (G r a f e, 1914) projektem takiego przyrządu jest aparat K r u c i c k i e g o (patrz ryc. 1). Opis i rysunek tego aparatu podaję według V. G r a f e g o (1914, str. 441—442):

„Na szalce wagi uchylnej A (oznaczenia moje — J. T.) stoi naczynie szklane B, w którym umieszczona jest zakorzeniona w glebie roślina doświadczalna. Naczynie posiada w pobliżu dna boczny tubus połączony z podwójnie wygiętą rurką szklaną R, zanurzoną w areometrycznym otwartym pływaku S. Pływak ten z kolei zanurzony jest w stojącym obok wagi cylindrze D, wypełnionym wodą. Obok cylindra stoi butelka Mariotte'a, która służy do utrzymania stałego poziomu wody w cylindrze. Powierzchnia wody w pływaku może być przykryta warstwą oleju.



Ryc. 1. Aparat K r u c i c k i e g o do oznaczania transpiracji i absorpcji wody (według G r a f e g o, 1914)

Gdy roślina ssie poprzez syfon R wodę z pływaka, ten ostatni wynurza się z cylindra i wskazuje ilość pobranej wody (górna jego część wyskalowana jest z dokładnością do 1 ml). Jednocześnie wskazówka wagi wykazuje ubytek ciężaru rośliny (z dokładnością do 1 g), powstały na skutek transpiracji.

Aparat może być samorejestrującym. W tym celu na pływaku w pobliżu jego wylotu umieszcza się pierścień z korka, do którego przymocowana jest szklana igła zaopatrzona w przeciwwagę. Igła dotyka powierzchni zaczernionego sadzą bębna mechanizmu zegarowego. Bęben wykonuje jeden obrót na 24 godziny".

Poza opisem tego aparatu u V. G r a f e g o (1914) oraz u A. B u r g e r s t e i n a (1904) — nie znalazłem żadnej publikacji K r u c i c-

k i e g o ani innych autorów, gdzie omawiany aparat znalazłby praktyczne zastosowanie.

Obok wspomnianej wyżej wrażliwości na zmianę temperatury oraz dość małej dokładności (transpiracja do 1 g, absorpcja do 1 ml - 1 g) zasadniczą wadą aparatu K r u c i c k i e g o jest to, że pozwala on oznaczać wielkość transpiracji jedynie pośrednio. Mianowicie waga, na której stoi naczynie z rośliną, wykaże różnicę ciężaru tylko w tym przypadku, jeśli różnica między ilością pobranej z areometru wody a ilością wody wytranspirowanej będzie większa od 1 g. Jeśli natomiast transpiracja i absorpcja będą sobie równe lub różnica w intensywności tych procesów będzie mniejsza niż 1 g, to oznaczenie intensywności transpiracji w sposób bezpośredni będzie niemożliwe (waga nie zmieni położenia). O intensywności transpiracji można wnioskować jedynie na podstawie ilości pobranej z areometru wody. Trzeba przy tym założyć, że ilość ta ściśle odpowiada ilości wody pobranej z gleby przez korzenie. Wydaje się jednak, że założenie takie jest daleko posuniętym uproszczeniem.

Z powyższego opisu wynika, że aparat K r u c i c k i e g o jest także modyfikacją potometru J. V e s q u e'a, w którym transpirację oznacza się wagowo, a absorpcję objętościowo. Według N. M a k s i m o w a (1952, str. 221) głównym celem wszystkich późniejszych modyfikacji tego potometru „było uzyskanie przyrządu bardziej statycznego, zapewnienie możliwości pobierania wody bez niebezpieczeństwa wprowadzania pęcherzyków powietrza oraz zwiększenie dokładności odczytów objętości wody".

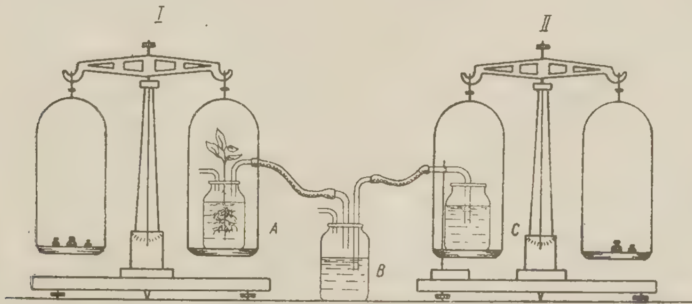
Tak więc we wszystkich dotychczasowych metodach korzenie roślin badanych były pozbawione nawet najmniejszego pęcherzyka powietrza. Korzenie roślin mogły zatem oddychać normalnie tak długo, jak długo starczało tlenu, rozpuszczonego w danej objętości wody otaczającej korzenie.

O tym, że opisane dotychczas w literaturze aparaty służące do automatycznego oznaczania transpiracji czy absorpcji wody nie spełniają należycie swego zadania i wymagają dalszego udoskonalania, świadczy fakt, że nawet w ostatnich latach czynione są próby takich udoskonaleń. Za przykład może służyć wspomniany już aparat K. S i n g h a (1953).

Opisany poniżej aparat można oczywiście również traktować jako dość daleko posuniętą modyfikację potometru J. V e s q u e'a. Jednakże w odróżnieniu od metod dotychczasowych absorpcja oznaczana jest tak samo jak transpiracja — wagowo, dostęp powietrza do korzeni nie jest przeszkodą, lecz warunkiem oznaczeń, a zmiany temperatury nie wywierają wpływu na dokładność oznaczeń.

ZASADA METODY

Roślina wyhodowana w kulturze wodnej umocowana jest w szczelnie zamkniętej kolbie A (patrz ryc. 2), zawierającej określoną ilość pożywki, w której zanurzone są korzenie. Nad powierzchnią pożywki w kolbie znajduje się pewna ilość powietrza. W korku zamykającym kolbę umieszczona jest rurka szklana, która za pośrednictwem cienkiej, lekkiej i bardzo elastycznej rurki gumowej łączy powietrze zawarte w kolbie A z powietrzem zawartym w kolbie B. Kolba B wypełniona jest częściowo powietrzem a częściowo wodą. Za pośrednictwem rurki szklanej, przeprowadzonej



Ryc. 2. Widok ogólny zestawu doświadczalnego aparatu do jednoczesnego oznaczania transpiracji i absorpcji wody

przez korek uszczelniający kolbę B, oraz cienkiej i lekkiej rurki gumowej i wreszcie zgiętej pod kątem 90^0 rurki szklanej zakończonej kapilarą łączy się ona z wodą zawartą w kolbie C. Woda w kolbie C zalana jest warstwą oleju parafinowego. Kolba A wraz z umieszczoną w niej rośliną stoi na szalce wagi I. Kolba C stoi na szalce wagi II.

Działanie wyżej opisanego układu jest następujące:

Wskutek transpiracji pary wodnej przez roślinę równowaga wagi I zostaje zachwiana (szalka wagi, na której stoi kolba z rośliną, staje się lżejsza i unosi się do góry). Wychylenie wagi powoduje zamknięcie obwodu prądu, zrzut odważnika na szalkę wagi, na której stoi kolba z rośliną oraz zapis na taśmie rejestrującej. (Schemat układu elektrycznego oraz opis przyrządów samorejestrujących podany jest niżej).

O ile wskutek transpiracji ubyła woda tylko z rośliny, nic więcej nie nastąpi. Jeśli jednak równocześnie roślina transpirująca pobrała cokolwiek wody z kolbki, to zmniejszenie się objętości wody powoduje zwiększenie się objętości przestrzeni zajętej przez powietrze nad wodą w kolbie, a więc zmniejszenie się ciśnienia zamkniętego tam powietrza. Wskutek powstałej w ten sposób chwilowej różnicy ciśnień powietrza zawartego w kolbie A i w kolbie B zachodzi ssanie powietrza z kolby B (w miejsce pobranej przez korzenie rośliny wody). Z kolei spadek ciśnienia powietrza

w kolbie B powoduje wtłoczenie do niej przez ciśnienie atmosferyczne wody z kolby C za pośrednictwem łączących je rurek. A zatem taka sama ilość wody, jaką korzenie rośliny pobrały z kolby A, zostanie natychmiast wypchnięta z kolby C do kolby B. Ubytek wody w kolbie C powoduje wychylenie wskazówki wagi II, zamknięcie obwodu prądu, zrzucenie odważnika na szalkę, na której stoi kolba C i zapis na taśmie rejestrującej. W ten sposób na obu wagach rejestrowana jest jednocześnie transpiracja i absorpcja wody przez roślinę.

Jednakże drobne nawet zmiany temperatury takiego układu mogą spowodować zaburzenia prawidłowości oznaczeń. Mianowicie obniżenie temperatury powoduje kurczenie się powietrza zawartego w kolbie A i B, a co za tym idzie przelew wody z kolby C. Odwrotnie — wzrost temperatury powoduje wzrost ciśnienia zamkniętego w kolbach A i B powietrza, co powoduje przelewanie się wody z powrotem do kolby C. A więc najdrobniejsze nawet wahania temperatury uniemożliwiłyby prawidłowe oznaczanie absorpcji wody. (Zmian objętości wody zachodzących wskutek zmiany temperatury nawet nie omawiam, gdyż w porównaniu ze zmianami ciśnienia powietrza dawałyby one nieporównanie mniejszy błąd).

W celu wyeliminowania wpływu temperatury na objętość powietrza zawartego w kolbach A i B umieszcza się na przeciwnych szalkach obu wag kolby wchodzące w skład analogicznego zestawu, lecz bez rośliny. Zestaw ten zawiera taką samą ilość powietrza, pożywki i składa się z takich samych kolb, rurek szklanych i gumowych, korków itd. Ustawiony jest na przeciwnych szalkach obu wag również dlatego, aby nagrzewanie się i stygnięcie obu układów było podczas doświadczenia jednakowe. W ten sposób jeśli temperatura w zasięgu obu wag jest jednakowa, to oba układy: doświadczalny i kontrolny, reagują na zmiany temperatury jednakowo, a więc wpływ temperatury niweluje się. Na przykład, jeśli pod wpływem przerwania oświetlenia temperatura obniży się i powietrze zawarte w kolbach A i B układu doświadczalnego skurczy się i wskutek tego zacznie się przelewać woda z kolby C do kolby B, to jednocześnie identyczny proces rozpocznie się w kolbach układu kontrolnego, który równoważy na obu wagach układ doświadczalny. Dzięki temu spadek temperatury nie zmieni równowagi obu układów. (Na ryc. 2 układ kontrolny pominięto).

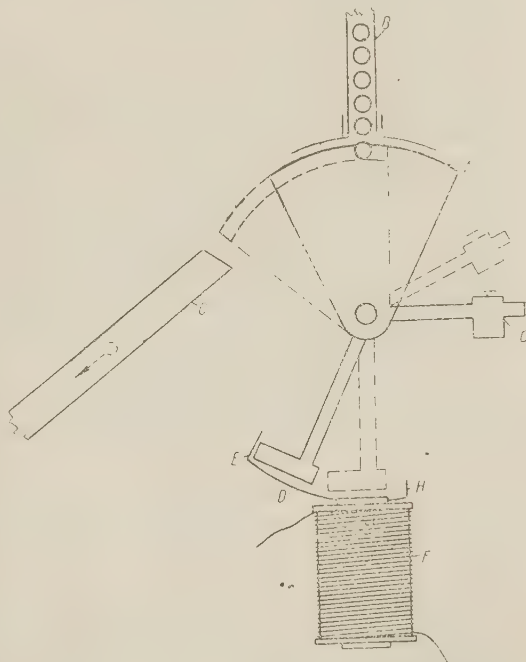
APARATURA

W a g i. Po przebadaniu kilku typów wag zastosowano (w opisanym poniżej aparacie) wagi recepturowe produkcji krajowej (PZMP, typ WR-I) o nośności 200 g i czułości 0,01 g.

M e c h a n i z m   a u t o m a t y c z n i e   z r z u c a j ą c y   o d w a ż n i k i. W literaturze można znaleźć szereg typów mechanizmów służących do automatycznego zrzucania odważników. Po wypróbowaniu kilku z nich za-

stosowano oryginalny mechanizm (zaprojektowany i wykonany przez Stefana S k u l i m o w s k i e g o).

Na poziomej osi osadzony jest w pozycji pionowej mosiężny sektor koła A (patrz ryc. 3). W przedniej części jego łuku wycięty jest rowek na głębokość równą średnicy jednego odważnika (2,5 mm). Nad wycięciem w sektorze umieszczony jest magazynek ze szklanej rurki, mieszczący 150 odważników. Rurka jest znakowana, co pozwala w każdej chwili ustalić ilość pozostających w magazynku odważników. Sektor utrzymywany jest w pozycji pionowej przez przeciwwagę C i górną krawędź zastawki D. Na tej samej osi co sektor osadzona jest kotwica E elektromagnesu F. Pod wylotem wycięcia sektora, prostopadle do osi umieszczona jest rynna G, której dolny koniec nacelowany jest na naczyńko stojące na szalce wagi. Wypadaniu z naczyńka spadających z dużą prędkością odważników zapobiega gumowy krążek wyściełający dno naczyńka.



Ryc. 3. Schemat mechanizmu automatycznie zrzucającego odważniki.
A — sektor koła; B — magazynek szklany z odważnikami; C — przeciwwaga; D — zastawka kotwicy; E — kotwica elektromagnesu; F — elektromagnes; H — rdzeń elektromagnesu; G — rynna

Pod wpływem impulsu prądu, przepływającego przez cewkę elektromagnesu rdzeń H przyciąga kotwicę, wychyla sektor do przodu, powodując wypadnięcie odważnika. Po otwarciu obwodu prądu przeciwwaga cofa sektor do pozycji wyjściowej, a następny odważnik, który podczas ruchu sektora ślizgał się po jego łuku, wpada w zagłębienie.

O d w a ż n i k i. Rolę odważników spełniają stalowe kulki do łożysk kulkowych o średnicy 2,5 mm. Średni ciężar odważnika wynosi 0,0634 g. Wahania ciężaru poszczególnych odważników nie przekraczają $\pm$ 20 γ. Ten rodzaj odważników spełnia dobrze swoje zadanie, gdyż mają one kształt prawidłowej kuli i bardzo gładką powierzchnię.

S t y k i z a m y k a j ą c e o b w ó d p r ą d u. Wypróbowano szereg styków słaboprądowych. Dokładność pomiaru w dużym stopniu zależy od rodzaju styku. Opisane w literaturze styki rtęciowe są bardzo zawodne, gdyż nawet pod warstwą cieczy chroniącej je przed dostępem powietrza rtęć łatwo ulega oksydacji i zwarcie nie jest pewne.

W opisanym aparacie zastosowano styki platynowe, nalutowane na cienkie (0,2 mm), płaskie sprężynki z fosforobrązu. Styki ustawione są na wprost strzałki wagi. Opór stawiany przez sprężynkę styku jest tak mały, że wskazówka wagi pod wpływem obciążenia szalki ciężarem 0,02 g dopycha sprężynkę i zwiera styk.

Aparat rejestrujący. Intensywność transpiracji i absorpcji odpowiada częstotliwości, z jaką zrzucane są odważniki na szalki odpowiednich wag.

Zrzuty poszczególnych odważników rejestrowane są na taśmie papierowej, przesuwającej się ruchem jednostajnym wraz z bębnem obrotowym kimografu (w opisanym układzie posługiwano się kimografem produkcji amerykańskiej — Phipps Bird Inc. Richmond V. A.). Ustawiony poziomo bęben kimografu zaopatrzony jest w ostrza stalowych igieł. O ostrza igieł zaczepia taśma, wykonuje wraz z bębnem pół obrotu, po czym swobodnie spada w dół. Poślizgowi taśmy na bębnie zapobiegają 4 gumowe rolki dociskające taśmę do powierzchni bębna.

Nad bębnem stycznie do jego powierzchni umieszczone są 2 piórka osadzone na stalowych dźwigniach. Piórka znaczą stale na powierzchni taśmy 2 równoległe linie. Dźwignie obu piórek umieszczone są obok rdzeni 2 elektromagnesów. W momencie zrzutu odważnika przez elektromagnesy przepływa prąd, gdyż są one włączone szeregowo w jeden obwód z mechanizmem zrzucającym odważniki. Dźwignia piórka zostaje w tym momencie przyciągnięta przez elektromagnes. W ten sposób na taśmie powstaje zapis.

Taśma przesuwa się z prędkością 1080 do 1100 mm na godzinę (w zależności od napięcia prądu w sieci), 1 mm taśmy odpowiada więc 3,33 do 3,27 sek.

Odcinki taśmy odpowiadające poszczególnym godzinom, podczas których przeprowadzane jest doświadczenie, znaczone są przy pomocy trzeciego piórka włączonego w odrębny obwód prądu.

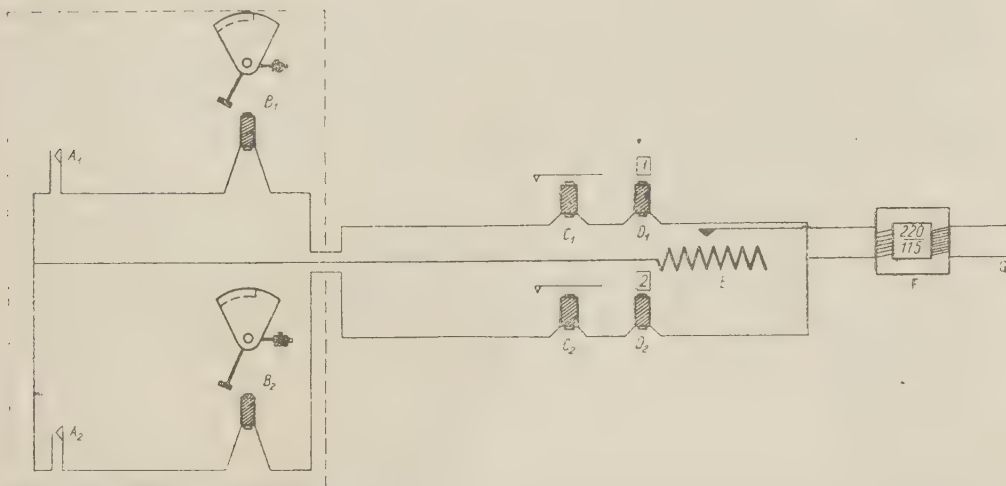
Przy pomocy wyżej opisanego aparatu rejestrującego umożliwione jest samoczynne notowanie przebiegu transpiracji i absorpcji wody przez dowolnie długi okres czasu bez przerwy. Dzięki temu, że taśma nie nawija się na bęben, lecz po przejściu połowy jego obwodu spada swobodnie — osiąga się dwie korzyści: 1) natychmiast po zejściu taśmy z bębna można odczytywać odcinki czasu odpowiadające kolejnym zrzutom odważników, a co za tym idzie — śledzić ściśle przebieg doświadczenia; 2) każdej godzinie odpowiadają jednakowe odcinki taśmy, co niezmiernie ułatwia i upraszcza obliczenia.

Kontrola zrzutów. W obwód prądu obsługującego każdą wagę włączona jest cewka numeratora, który przy każdym zrzucie daje sy-

gnał dźwiękowy i wyrzuca odpowiedni numer. Urządzenie to pozwala sprawdzać działanie aparatury.

Źródło prądu i schemat połączeń elektrycznych. Schemat obwodu prądu przedstawia ryc. 4.

Źródłem prądu zmiennego jest sieć miejscowa o napięciu 220 V. Spadek napięcia uzyskuje się przy pomocy transformatora z 220 na 115 V oraz opornicy suwakowej na 1950 ohmów. Obydwie wagi obsługuje jedno źródło prądu [2].



Ryc. 4. Schemat połączeń elektrycznych.
A_1 i A_2 — styki zamykające obwód prądu; B_1 i B_2 — zwojnice elektromagnesów mechanizmu zrzucającego odważniki; C_1 i C_2 — zwojnice cewek obsługujących piórka; D_1 i D_2 — zwojnice cewek numeratora; E — opornica zmienna na 1950 ohmów; F — transformator prądu zmiennego z 220/115 V; G — odprowadzenie do sieci

DOŚWIADCZALNE SPRAWDZENIE METODY

Celem sprawdzenia przydatności opisanej metody wykonano szereg doświadczeń.

Przedmiotem badań była fasola karłowa (*Phaseolus vulgaris* L. var. *nanus* Mertens), odmiana szparagowa o zielonych strąkach Saxa (z Zakładu Warzywnictwa SGGW. Skierniewice. 1953). Rośliny hodowano w kulturze wodnej na pożywce Knopa, początkowo w warunkach laboratoryjnych, w pokoju na południowym oknie (III-V. 1954). a następnie w hali wegetacyjnej (VI-VIII.1954).

---

[2] Opisane wyżej części aparatu wykonane zostały całkowicie w warsztacie mechanicznym Zakładu Fizjologii Roślin SGGW w Warszawie przez mechanika precyzyjnego Stefana Skulimowskiego, za co mu na tym miejscu składam serdeczne podziękowanie.

Wszystkie niżej przytoczone doświadczenia przeprowadzone były w oszklonym termostacie (o wymiarach 65 × 70 × 100 cm), umieszczonym w ciemni. Temperaturę i wilgotność powietrza rejestrowano podczas doświadczeń przy pomocy dobowych termografów i hygrografów (G. U. C. M. S., Ryga, 1952).

Rośliny oświetlane były światłem elektrycznym przy pomocy 10 lamp żarowych po 150 Watt, umieszczonych w 2 rzędach nad termostatem. Odległość poszczególnych lamp od rośliny wynosiła od 50 do 90 cm. Lampy chłodzono wodą bieżącą. Światło przechodziło przez około 5—8 mm warstwę wody i przez 2 szyby o łącznej grubości 8 mm. Nad lampami umieszczono ekran z blachy ocynowanej, odbijający światło. Warunki oświetlenia zmieniano w sposób nagły (przez zapalanie lub wygaszanie wszystkich lamp jednocześnie). W „nocy" roślinę oświetlano jedynie podczas dokonywania odczytów na przyrządach pomiarowych z odległości około 50 cm przy użyciu latarki kieszonkowej (0,7 W).

Aby uniknąć nadmiernej wilgotności powietrza, wstawiono do termostatu naczynie z bezwodnym chlorkiem wapnia.

Z 11 doświadczeń przeprowadzonych przedstawioną metodą opisane poniżej 3, na których zilustrowano przebieg oznaczeń oraz dostrzeżone błędy metodyczne.

Doświadczenie 7

Roślina nr 63 (45-dniowa) wyhodowana w pracowni na oknie południowym. Od rozwinięcia pierwszych liści rosła przy oświetleniu dziennym (za podwójną szybą okienną). W dniu doświadczenia, 19 maja 1954, miała 5 pięter liści. Starsze liście dobrze wykształcone, lecz bardzo cienkie i delikatne. Cała roślina lekko wypłoniona.

Dzień poprzedzający doświadczenie był pochmurny i chłodny. Temperatura około 20—22°, wilgotność powietrza około 60%.

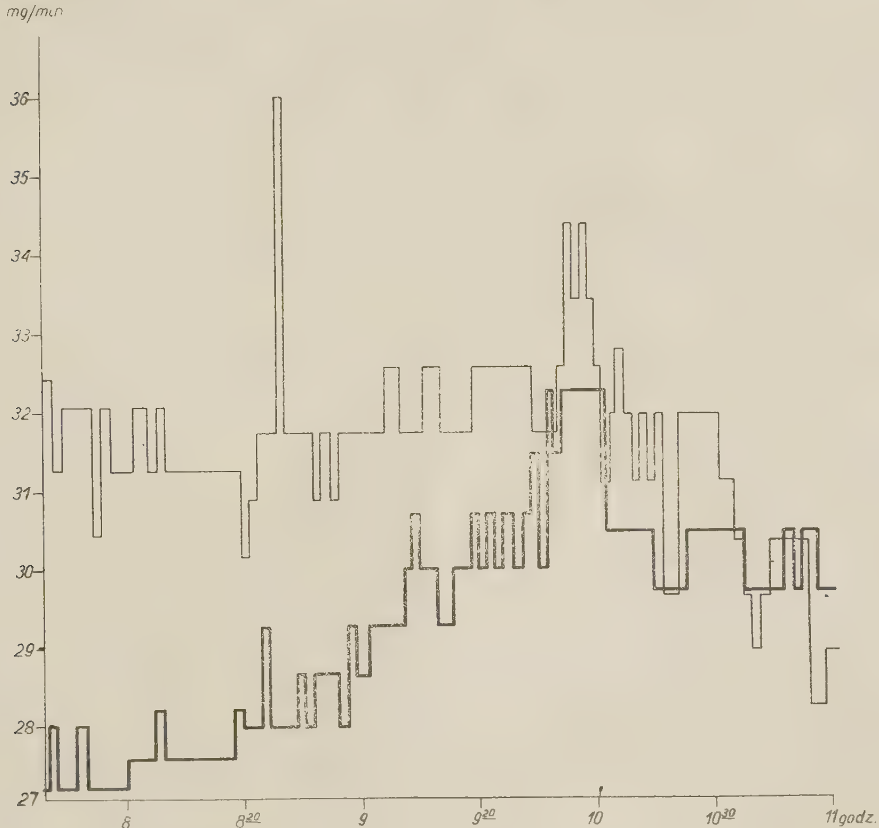
Powierzchnia liści[3] wynosiła 477,61 cm^2. Świeża masa rośliny 16,35 g.

Roślinę wyjęto z naczynia, w którym rosła, o godz. 0.05. Po oznaczeniu świeżej masy przeniesiono do kolby o pojemności 120 ml zawierającej 100 ml pożywki (tej samej, w której dotychczas roślina rosła). Łodygę rośliny osadzono w korku gumowym i uszczelniono przy pomocy waty nasyconej lanoliną. Od godz. 0.20 do godz. 2.00 roślina znajdowała się w termostacie przy pełnym oświetleniu, a zatem miała przerwany okres nocnej ciemności.

Oznaczanie absorpcji i transpiracji rozpoczęto o godz. 2.00 dnia 19.V.54, a zakończono o godz. 4.00 dnia 20.V.54. Oświetlenie włączono

[3] Powierzchnię liści oznaczano (w tym i w następnych doświadczeniach) metodą światłoczułą, na papierze amoniakalnym. Metoda opisana przez I. Rożniatowskiego (1954).

o godz. 4.30, a wyłączono o godz. 19.30. W czasie trwania doświadczenia kilkakrotnie otwierano termostat. Temperatura i wilgotność powietrza w termostacie i w ciemni nie była wyrównana, wskutek tego każdorazowe



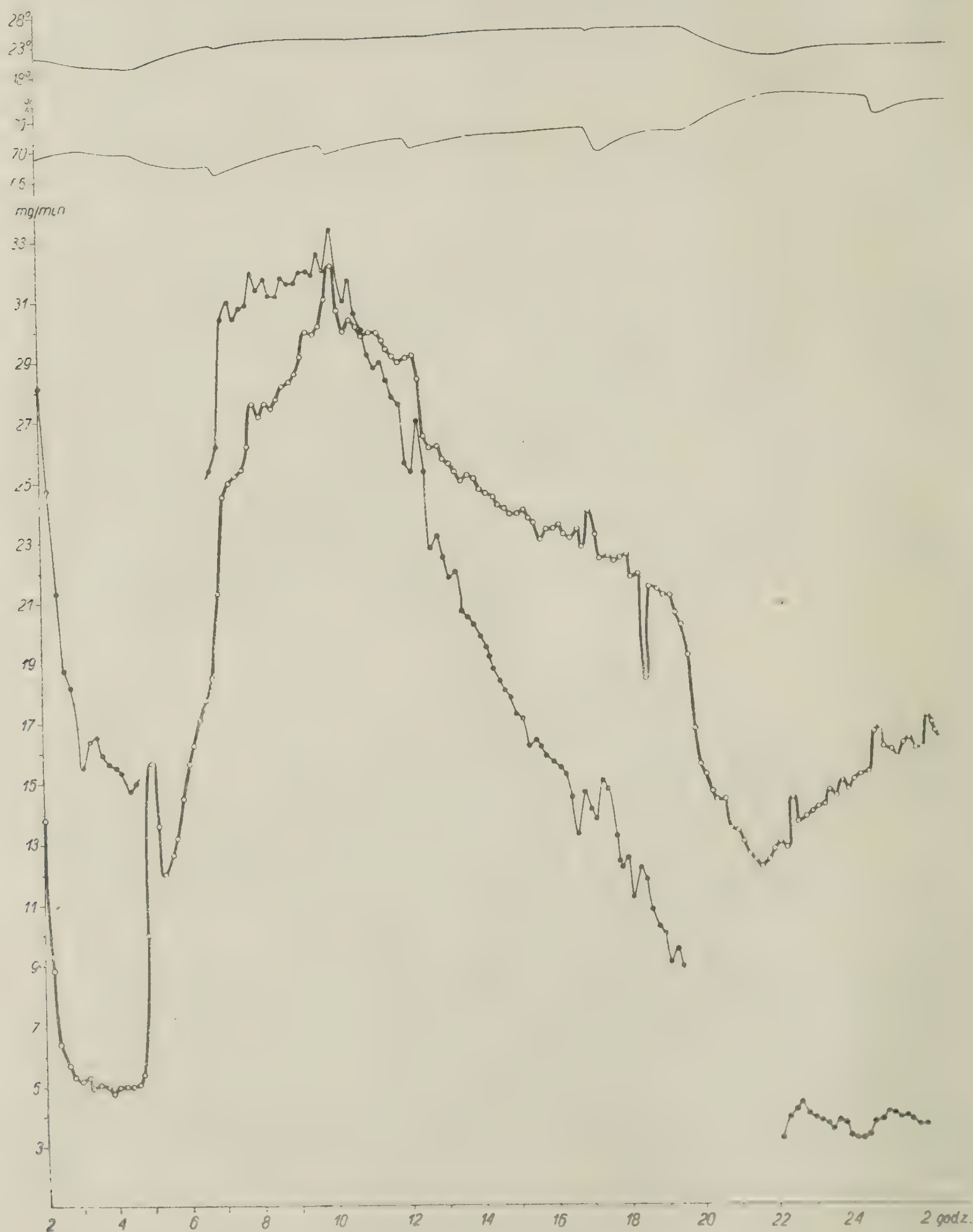
Ryc. 5. Wycinek empirycznego diagramu przedstawiającego intensywność transpiracji i absorpcji wody (Doświadczenie nr 7)

otwarcie drzwi powodowało drobne zmiany temperatury i wilgotności powietrza. Zmiany te uwidocznione są na wykresie wilgotności i temperatury powietrza (patrz ryc. 6).

Ryc. 6 przedstawia przebieg transpiracji i absorpcji wody. Intensywność tych procesów wyrażono na tym i na następnych wykresach w miligramach na minutę. Tę zmienną odkładano na osi rzędnych, zaś na osi odciętych — czas w godzinach.

Wykres wykonano w sposób następujący:

W zależności od intensywności transpiracji czy absorpcji wody na taśmie rejestrowane są dłuższe lub krótsze odcinki, których długość jest proporcjonalna do czasu potrzebnego na wyparowanie lub pobranie przez roślinę 0,0634 g wody. Z długości każdego odcinka wyliczano czas w se-



Ryc. 6. Doświadczenie 7. Intensywność transpiracji i absorpcji wyrażona w mg/min. Gruba linia — transpiracja; cienka linia — absorpcja. Krzywe w górnej części ryc. przedstawiają zmienność temperatury i względnej wilgotności powietrza w termostacie podczas doświadczenia.

kundach z dokładnością do 0,1 sek. Liczba 3804 (63,4 × 60 = 3804), dzielona przez otrzymaną wielkość, daje intensywność procesu w danym odcinku czasu, wyrażoną w mg/min.

Na osi odciętych (patrz ryc. 5) odkładano czas (w skali: 1 min. = 1 mm), a na osi rzędnych intensywność procesu w mg/min. (1 mg/min = 20 mm). Tak więc każdemu odcinkowi czasu pomiędzy kolejnymi zrzutami odpowiadał na diagramie słupek, którego wysokość określała intensywność procesu w tym okresie.

Ryc. 5 przedstawia wycinek takiego empirycznego diagramu. Jak widać wysokość poszczególnych sąsiednich słupków ulega dość znacznym wahaniom, które powstały nie na skutek zmian w intensywności procesu, lecz są spowodowane błędami doświadczalnymi. Na błędy te składają się trzy przyczyny:

1. Przy dużej intensywności procesu wynoszącej np. 32 mg/min. błąd w odczycie długości odcinka taśmy wynoszący 1 mm (co odpowiada 3,33 sek.) powoduje zmianę obliczonej wielkości intensywności procesu o 0,877 mg/min., co stanowi 2,79%. Przy mniejszej intensywności błąd ten odpowiednio maleje. Np. przy intensywności 5 mg/min. to znaczy, gdy odważniki spadają co 12 min. 40 sek., co odpowiada odcinkowi taśmy 22,8 cm, błąd ten wynosi zaledwie 0,012 mg/min., czyli 0,0002%.

2. Jak wiadomo, długość odcinka taśmy odpowiadająca kolejnym zrzutom odważników zależy od szybkości obrotu bębna kimografu. W opisanych doświadczeniach nie była ona jednakowa. Szybkość obrotu motorka napędzającego bęben wahała się w zależności od napięcia prądu w sieci miejscowej. Jak podano wyżej, długość odcinka taśmy odpowiadająca 1 godz. wahała się od 1080 do 1100 mm, a przy znacznych spadkach napięcia, w godzinach maksymalnego obciążenia sieci — wahania były jeszcze większe. Zmiany szybkości obrotu bębna były więc drugim źródłem błędów tym groźniejszych, że trudnych do uchwycenia.

3. Aparat zainstalowano w gmachu sąsiadującym z dość ruchliwą ulicą. Każdy wstrząs (wywołany przez przejeżdżające tramwaje, ciężkie pojazdy mechaniczne itp.) powodował więc drgania delikatnych i czułych sprężyn stykowych, co w rezultacie powodowało wcześniejszy zrzut odważnika.

Błędy omówione w punkcie 1 i 3 niwelują się w dwóch lub trzech sąsiednich odcinkach czasu. Natomiast błędy powstające wskutek nierównomiernego ruchu taśmy można usunąć jedynie przez zastosowanie synchronicznego silnika do napędu bębna.

Krzywe przedstawione na ryc. 6 wykreślono przez wyliczenie średniej transpiracji i absorpcji dla każdych 10 minut. Na ten sam wykres naniesiono temperaturę i względną wilgotność powietrza w termostacie podczas doświadczenia.

W omawianym doświadczeniu ilość powietrza zamkniętego w obu zestawach (doświadczalnym i kontrolnym) nie była jednakowa. Mianowicie w zestawie kontrolnym ilość powietrza była o około 10 ml większa niż w zestawie doświadczalnym. Wskutek tego przy nagłych zmianach temperatury (po zapaleniu i zgaszeniu lamp) powietrze zamknięte w zestawie kontrolnym uległo większemu rozprężeniu (lub skurczeniu) niż w zestawie doświadczalnym. Spowodowało to z kolei wyparcie (lub ssanie) wody z kolby C. W ten sposób równowaga wagi II została zachwiana. Spowodowało to błędy w oznaczeniu absorpcji wody od godz. 4.30 do 6.30 (gdyż w tym czasie po zapaleniu lamp temperatura wzrosła o 3^0) oraz od godz. 19.30 do 22.00 (gdyż w tym czasie po zgaszeniu lamp temperatura spadła o 5^0). Ponieważ wyniki oznaczeń absorpcji w tych okresach były niemiarodajne, więc pominięto je na wykresie.

Następne doświadczenie poświęcono zbadaniu wielkości błędów (powstających przy nagłych zmianach temperatury), wywołanych różnicą objętości powietrza zamkniętego w zestawie doświadczalnym i kontrolnym. W tym celu doświadczenie przeprowadzono na roślinie o małej powierzchni liści.

Doświadczenie 8

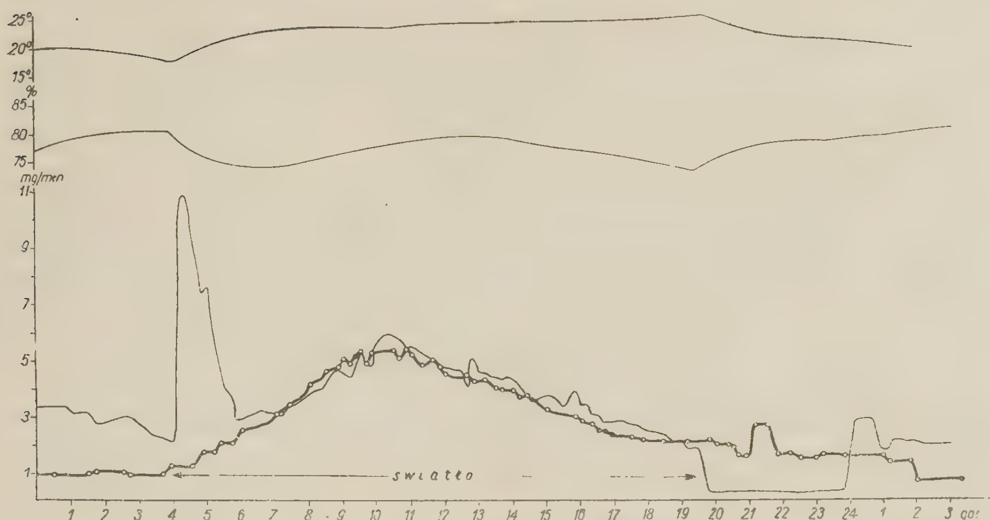
Roślina nr 4 (17-dniowa) wyhodowana w hali wegetacyjnej. W dniu doświadczenia, 29 lipca 1954, miała dobrze wykształcone 2 pierwsze liście o łącznej powierzchni 74,92 cm^2. Waga świeżej masy rośliny wynosiła 7,40 g.

Dzień poprzedzający doświadczenie był pogodny i ciepły. Temperatura 24—28^0, wilgotność powietrza 50%.

Po oznaczeniu świeżej masy roślinę przeniesiono do kolby A zawierającej 100 ml pożywki. Doświadczenie trwało od godz. 23.00 dnia 29.VII. 1954 do godz. 3.17 dnia 31.VII.1954.

W zestawie kontrolnym ilość powietrza była o około 22,5 ml większa niż w zestawie doświadczalnym. Zapalenie światła o godz. 4.00 spowodowało wzrost temperatury w ciągu 2 godz. o 5^0. Wskutek tego powietrze zawarte w zestawie kontrolnym rozszerzyło się o około 0,38 ml, co spowodowało wypchnięcie wody do kolby C (zestawu kontrolnego). Z kolei spowodowało to w ciągu tego czasu 6 dodatkowych zrzutów odważników ($63,4 \times 6 = 380,4$ mg).

Po wyłączeniu światła o godz. 19.30 układ w analogiczny sposób reagował na spadek temperatury. Wskutek wessania wody do kolby C zestawu kontrolnego szalka wagi II, na której stała kolba C zestawu doświadczalnego, uniosła się do góry i od godz. 20.00 do godz. 24.00 zrzuty odważników ustały.



Ryc. 7. Doświadczenie 8. Intensywność transpiracji i absorpcji wyrażona w mg/min. Gruba linia — transpiracja; cienka linia — absorpcja. Krzywe w górnej części ryc. przedstawiają zmienność temperatury i względnej wilgotności powietrza

Wykres na ryc. 7, ilustrujący przebieg transpiracji i absorpcji wody w doświadczeniu 8, uwidacznia wyraźnie błędy oznaczeń, jakie mogą powstać wskutek zamknięcia w zestawie doświadczalnym i kontrolnym niejednakowych ilości powietrza. Rozszerzalność wody w warunkach doświadczeń cytowanych można pominąć, gdyż przy różnicy zawartości wody w kolbach A i B nie przekraczającej 25 ml zmiana temperatury o 10^0 powoduje zmiany objętości rzędu 0,002 ml, co odpowiada 2 mg.

Doświadczenie 10

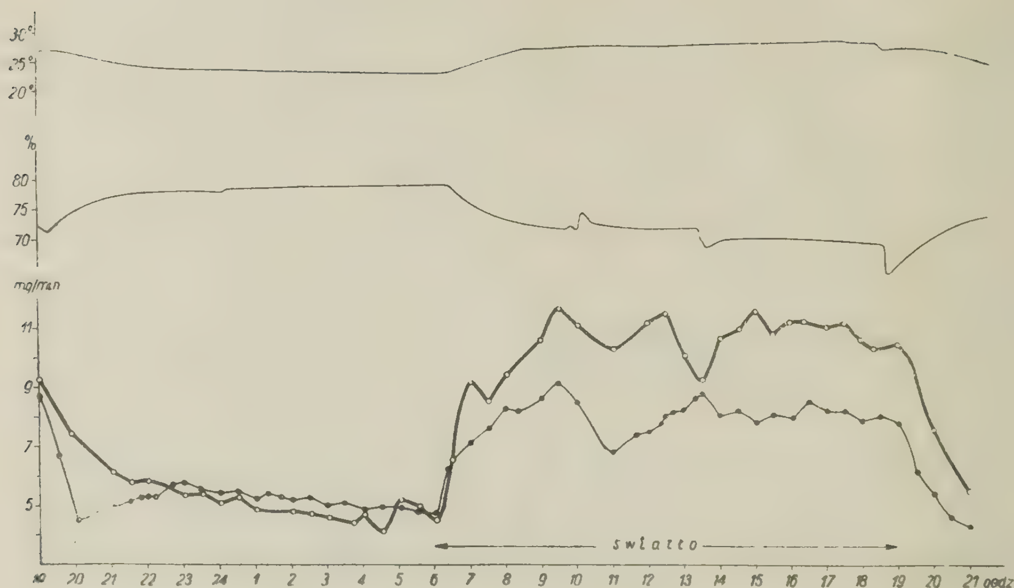
Roślina nr 25 (42-dniowa) wyhodowana w hali wegetacyjnej. W dniu doświadczenia, 23 sierpnia 1954, miała 5 pięter liści.

Powierzchnia liści 413,59 cm^2. Waga świeżej masy 20,25 g. Objętość korzeni 7,5 cm^3. Liście górnych pięter żółto-zielone.

Dzień poprzedzający doświadczenie był dość pogodny. Temperatura wahała się od 10^0 (w nocy) do 28^0 (w południe). Wilgotność powietrza od 100% (w nocy) do 50% (w południe).

Roślinę wyjęto z naczynia, w którym rosła, o godz. 18.00 i umieszczono w tym samym roztworze w kolbie A. Doświadczenie rozpoczęto o godz. 19.00. Światło zgaszono o godz. 19.30, a zapalono o godz. 6.30 dnia 24.VIII. 1954 i powtórnie zgaszono o godz. 19.00. Roztwór (pożywkę) przed zamknięciem w kolbie A starannie przewietrzono.

Wykres na ryc. 8 przedstawia przebieg transpiracji i absorpcji wody.



Ryc. 8. Doświadczenie 10. Intensywność transpiracji i absorpcji wyrażona w mg/min. Gruba linia — transpiracja; cienka linia — absorpcja. Krzywe w górnej części ryc. przedstawiają zmienność temperatury i względnej wilgotności powietrza

W doświadczeniu 10 ilość powietrza zamkniętego w obu zestawach wyrównano starannie z dokładnością do 0,05 ml. Dzięki temu widzimy, że zmiany temperatury przy zapalaniu i gaszeniu światła nie powodują zaburzeń w oznaczeniach absorpcji wody.

W doświadczeniu 10 zwraca uwagę mała intensywność zarówno transpiracji, jak i absorpcji wody. W przeliczeniu na powierzchnię transpirującą intensywność transpiracji wynosi zaledwie 2,68 g na 1 dcm^2 na 24 godz., podczas gdy w doświadczeniu 7 i 8 (w zbliżonych warunkach temperaturowych, wilgotności powietrza i przy tym samym oświetleniu) odpowiednie wielkości wynosiły 5,98 g i 5,31 g na 1 dcm^2 w ciągu 24 godz.

Fakt ten tłumaczy się tym, że w doświadczeniu 10 wskutek nazbyt wysokiego pH pożywki (powodującego wytrącenie się żelaza) roślina wykazywała objawy silnej chlorozy, a zatem normalny przebieg jej procesów życiowych był poważnie zaburzony.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych doświadczeń można wyciągnąć następujące wnioski odnośnie przydatności opisanej metody.

1. Omawianą metodą można oznaczać w sposób ciągły jednocześnie transpirację i absorpcję wody przez rośliny w kulturach wodnych z dostatecznie dużą dokładnością w tych przypadkach, gdy intensywność ba-

danych procesów jest większa niż 1 mg/min. Granicę tę zakreśla ciężar odważników (63,4 mg). Przy takiej bowiem intensywności okres dzielący zrzuty dwóch kolejnych odważników wynosi już więcej niż 1 godzinę (63 min. i 24 sek.).

2. Przy badaniu intensywności transpiracji i absorpcji wody przez rośliny o dużej powierzchni liści, gdy intensywność procesów przekracza 30 mg/min., należy stosować bęben o większej średnicy lub też zwiększyć szybkość jego obrotów, aby można było dokładniej oznaczać długość odcinków taśmy pomiędzy poszczególnymi zrzutami.

3. Gdy doświadczenie prowadzone jest przy szybko i znacznie zmieniającej się temperaturze, należy w obu zestawach (doświadczalnym i kontrolnym) zamykać dokładnie jednakowe ilości powietrza. Pozwoli to uniknąć opisanych wyżej błędów. spowodowanych rozszerzalnością powietrza zamkniętego w układzie.

4. Dokładność oznaczeń w dużym stopniu zależy od stopnia elastyczności styków zamykających obwód prądu. Aby uniknąć błędów spowodowanych drżeniem styków, należy doświadczenie prowadzić w miejscu zabezpieczonym przed wstrząsami.

Zasadniczą wadą metody jest konieczność przeprowadzania doświadczeń w zamkniętych pomieszczeniach, wykluczających ruch powietrza. Należy bowiem pamiętać, że podczas doświadczenia obie wagi są stale otwarte.

Drugą istotną wadą metody jest jej ograniczoność, jeśli idzie o wielkość badanych roślin. Mianowicie na badanie małych roślin nie pozwala granica czułości metody (wielkość odważników i czułość wag). Natomiast duże rośliny mające silnie rozwinięty system korzeniowy wymagają dużej ilości tlenu do oddychania. Ilość powietrza, jaką można zamknąć w kolbie A, jest ograniczona pojemnością kolby, a ta z kolei nośnością wagi (200 g). Poza tym silnie rozkrzewionej rośliny nie można umieścić na szalce wagi tak, aby nie dotykała belki i nie hamowała jej ruchu.

Z tego, co zostało wyżej powiedziane, wynika, że opisana metoda może być przydatna w laboratoryjnych badaniach intensywności transpiracji i absorpcji wody przez niewielkie rośliny w kulturach wodnych.

Badania mogą być prowadzone przy dowolnej temperaturze i wilgotności powietrza, przy dowolnym oświetleniu lub w ciemności. przy dowolnym składzie pożywki przez dowolnie długi okres czasu.

Zakład Fizjologii Roślin S. G. G. W.
Warszawa

(Wpłynęło dn. 25.III.1955 r.)

SUMMARY

A new method for determining simultaneously both transpiration and water absorption of plants in water cultures is described.

For determining the transpiration rate the loss in weight of the vessel in which the plant grows is measured. Absorption rate is estimated by measuring the loss in the weight of water in the vessel. The decrease in the water volume in the closed vessel causes a drop in pressure of the enclosed air and produces a corresponding flow of water from another vessel connected with the first one by an elastic tube; the latter vessel is open. Both vessels are placed each on the scale of a different balance.

The apparatus is selfrecording. A loss in weigth on either of the two balances is compensated by loads of 0,0634 grams which are dropped automatically on the scales. The fall of the load is registered on a paper strip.

Readings can be registered even in changing temperatures, as there is a controlling arrangement compensating the volume changes of the air enclosed in the system caused by temperature changes.

The results from 11 experiments in which beans were used (seedlings from the 17-th to the 45-th day) have shown that the new method may be of use for laboratory determining the water balance of plants in water cultures.

LITERATURA

Burgerstein A., 1904, Die Transpiration der Pflanzen. Eine physiologische Monographie, Jena.

Burgerstein A., 1920, Die Transpiration der Pflanzen. II Teil (Ergänzungsband), Jena.

Grafe V., 1914, Ernährungsphysiologisches Praktikum der höheren Pflanzen, Berlin

Kostyczew S. P., 1933, Fizjołogija rastienij, cz. I, Gos. izd. koł. sowch. lit., Moskwa-Leningrad.

Maksimow N. A., 1952, Izbrannyje raboty po zasuchoustojcziwosti i zimostojkosti rastienij, t. I., Izd. Akad. Nauk SSSR, Moskwa.

Renner O., 1911, Flora, *103*, 171—247.

Rożniatowskij I. I., 1954, Botaniczeskij Żurnał *39*, nr 3, 419—420.

Singh K., 1953, Ann. of Botany, *65*, 189—191.

Vesque J., 1876, Ann. Sc. Nat., 6 sér. Bot. 4: 89—137.

ACTA SOCIETATIS
BOTANICORUM POLONIAE
Vol. XXIV — Nr 1
1955

Badania nad oddychaniem korzeni. Cz. I.

Recherches sur la respiration des racines. Part. I

S. GUMIŃSKI, W. CZERWIŃSKI, E. UNGER, A. BACOWA

WSTĘP

Badania nad stymulacją wegetacji roślin przez próchnicę, przeprowadzane w Instytucie Botanicznym Uniwersytetu Wrocławskiego, doprowadziły do postawienia hipotezy tłumaczącej działanie próchnicy w ten sposób, że próchnica jako układ chinonowy pełni rolę akceptora wodoru w procesie oddychania korzeni (G u m i ń s k i i G u m i ń s k a, 1953).

Również wyniki badań C h r i s t i e w e j (1953) wskazują na znaczenie związków próchnicznych w procesie oddychania roślin. Autorka stwierdziła wzrost intensywności oddychania kiełków jęczmienia pod wpływem związków próchnicznych i podała teorię biochemiczną, tłumaczącą to zjawisko.

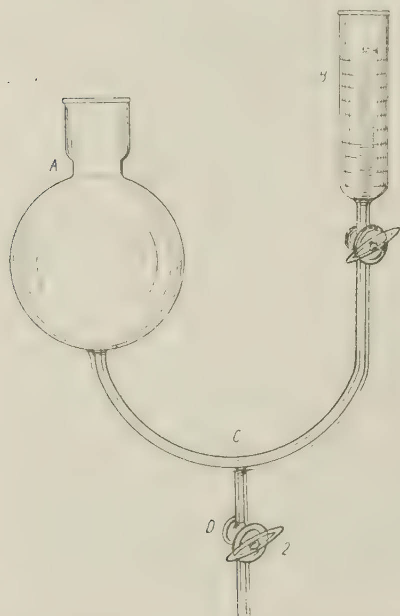
Oznaczenia C h r i s t i e w e j odnoszą się do materiału roślinnego, oddychającego przy obfitym dostępie powietrza, a więc w warunkach różnych od naszych poprzednich doświadczeń. Wyniki tej autorki nie mogą zatem stanowić podstawy do wytłumaczenia faktu, że efekt fizjologiczny próchnicy występuje specyficznie w warunkach niedostatku tlenowego w podłożu rośliny (G u m i ń s k i 1950).

W tym stanie rzeczy wyłoniła się konieczność przeprowadzenia badań oddychania korzeni w kulturze wodnej, przy ograniczeniu zapasu tlenu. Jeśli nasza hipoteza o kompensacji niedostatku tlenowego była słuszna, należałoby oczekiwać, że pod wpływem próchnicy współczynnik oddechowy zostanie powiększony, przy czym intensywność oddychania nie powinna ulec pomniejszeniu. W wypadku otrzymania wyników pozytywnych w sprawie naszej hipotezy, rolę fizjologiczną próchnicy w wegetacji roślin można by uznać za definitywnie wyjaśnioną.

METODYKA

Doświadczenia z oddychaniem korzeni wykonano w aparatach, opisanych przez Lundegårdha (1935). Aparat taki przedstawia naczynia połączone i posiada wygląd, podany na rysunku.

Część A ma pojemność 500 ml, część B ok. 50 ml, obie części połączone są kapilarą C. Szyjka naczynia A jest uszczelniana korkiem zaopatrzonym w otwory, w których umieszcza się rośliny. Otwory te, jak również cały korek, zalewa się na czas doświadczenia masłem kakaowym. Oba naczynia połączone napełnia się roztworem, w którym mają oddychać korzenie. Przez czas trwania doświadczenia kurek 1 pozostaje otwarty, kurek 2 natomiast zamknięty. Płyn wypełnia naczynie A całkowicie; w miarę pobierania wody przez rośliny, umieszczone w A, obniża się poziom płynu w B. Ponieważ oba naczynia połączone są przy pomocy kapilary, dyfuzję gazów przez swobodną powierzchnię płynu w B można zaniedbać.



W opisanym powyżej aparacie Lundegårdha umieszczano rośliny na przeciąg 24 godzin. Po skończonym doświadczeniu zamykano kurek 1, na odgałęzienie kapilary D zakładano rurkę gumową i po otwarciu kurka 2 napełniano 300 ml gąsiorek (ze szlifowanym korkiem) płynem z naczynia A. Rurkę gumową wprowadzano na dno gąsiorka, a po napełnieniu natychmiast zamykano szlifowanym korkiem, dbając o to, aby nie dostała się do wewnątrz bańka powietrza.

W tak uzyskanym materiale przeprowadzano oznaczenie ilości tlenu metodą Winklera, z uwzględnieniem modyfikacji wprowadzonej przez hydrobiologów dla wód zawierających większe ilości związków redukujących.

Po napełnieniu gąsiorka dla oznaczenia ilości tlenu wprowadzano dolny koniec pipety do rurki gumowej, tkwiącej na odgałęzieniu kapilary D i pobierano 50 ml płynu z naczynia A. Płyn ten wprowadzano do uprzednio przygotowanej erlenmajerki, zawierającej 25 ml wody barytowej o stężeniu ok. n/60. Erlenmajerkę zamykano szczelnie korkiem gumowym i po 24 godzinach miareczkowano kwasem solnym n/50. W poprzednio przeprowadzonych pomiarach przygotowawczych ustalono, że oznaczenie ilości dwutlenku węgla w tych warunkach może być przeprowadzone je-

dnoznacznie nie wcześniej, niż po upływie doby od czasu zmieszania płynów.

Próchnicę używaną do doświadczeń otrzymywano z kompostu w następujący sposób. Kompost wymywano z części mineralnych 1% HCl i ekstrahowano 2% NaOH. Brunatny roztwór koloidowy strącano kwasem solnym, żel odsączano i ponownie rozpuszczano w 2% NaOH. Po powtórnym wytrąceniu kwasem solnym żel odsączano, przemywano kilkakrotnie wodą i rozpuszczano w niewielkiej ilości ługu sodowego. Tak otrzymany ciemno-brunatny roztwór gotowano przez godzinę w autoklawie pod ciśnieniem 1,5 atm. i w temperaturze 110°C. Gotowy roztwór humianu sodowego stosowano w ilości 50 mg suchej masy na 1 litr wody wodociągowej.

Doświadczenia przeprowadzano na pszenicy, kukurydzy i pomidorach. Roślinki kiełkowano w piasku, następnie przenoszono je do płynnej pożywki mineralnej, według Hampe i Trouffaut, takiej samej, jak w poprzednio ogłoszonych doświadczeniach (Gumiński, 1950). Po mniej więcej dwóch tygodniach wybierano równej wielkości rośliny i używano ich do pomiarów oddychania w naczyniach Lundegårdha.

Porównawcze oznaczenia oddychania przeprowadzano stosując następujące kombinacje:

1) kultury z roślinami w wodzie wodociągowej
2) kultury z roślinami w wodzie wodociągowej z dodatkiem humianu sodowego
3) naczynia z wodą wodociągową bez roślin
4) naczynia z wodą wodociągową z dodatkiem humianu sodowego bez roślin.

Aparaty Lundegårdha w kombinacjach kontrolnych (3 i 4) bez roślin napełniano i uszczelniano w sposób identyczny jak w kombinacjach z roślinami. W naczyniach bez roślin również następowały zmiany w ilościach tlenu i dwutlenku węgla przez okres 24 godzin. W naczyniach z samą wodą zmiany te były bardzo niewielkie (pod warunkiem, że używana była świeża woda wodociągowa), natomiast w wodzie z dodatkiem humianu sodowego stwierdzano znaczny ubytek zarówno dwutlenku węgla, jak też i tlenu. Oznaczenia ilości tlenu i dwutlenku węgla dokonywano równocześnie we wszystkich kombinacjach. Ilość zużytego tlenu lub wydzielonego przez rośliny dwutlenku węgla oznaczano jako różnicę pomiędzy ilością tych gazów, znalezioną w danym aparacie z roślinami, i średnią z powtórzeń odpowiedniej kombinacji bez roślin. We wszystkich kombinacjach stosowano trzy równoległe powtórzenia.

WYNIKI

Przeprowadzono 2 doświadczenia z pszenicą, 2 z kukurydzą, 1 z pomidorami. Wyniki podają tabele 1, 2, 3, 4, 5 i 6.

Obliczeń dokonywano według wzoru statystycznego[1]:

$$t_v = \frac{(\bar{x}-\bar{y})-(\bar{z}-\bar{k})}{\sqrt{\left(\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}+\frac{1}{n_3}+\frac{1}{n_4}\right)\cdot\frac{\sum(x_i-\bar{x})^2+\sum(y_i-\bar{y})^2+\sum(z_i-\bar{z})^2+\sum(k_i-\bar{k})^2}{n_1+n_2+n_3+n_4-4}}}$$

gdzie: t_v — współczynnik „t" Studenta

$v = n_1 + n_2 + n_3 + n_4 - 4$ = ilość stopni swobody
n — ilość powtórzeń w danej kombinacji
x — wynik dla aparatów z wodą wodociągową z próchnicą
y — wynik dla aparatów z wodą wodociągową z próchnicą i roślinami
z — wynik dla aparatów z czystą wodą wodociągową
k — wynik dla aparatów z czystą wodą wodociągową i roślinami.

Różnice są istotne, jeżeli współczynnik względem przedziału ufności jest większy lub równy jedności.

Tabela 1
Pszenica, po 14 roślin w aparacie
Froment, 14 plantes dans l'appareil

	Wydzielony CO_2 CO_2 dégagé mol/l 10^{-6}		Zużyty O_2 O_2 consumé mol/l 10^{-6}		$\frac{CO_2}{O_2}$	
	z próchnicą avec l'humus	bez próchnicy sans l'humus	z próchnicą avec l'humus	bez próchnicy sans l'humus	z próchnicą avec l'humus	bez próchnicy sans l'humus
średnie moyennes	401	272	254	276	1,66	0,98
Współczynnik względem przedziału ufności Coefficient, en rapport d'intervalle de confiance	1,17		0,56			

[1] Profesorowi drowi Hugonowi Steinhausowi oraz profesorowi drowi Julianowi Perkalowi składamy podziękowanie za rozpatrzenie możliwości dokonania obliczeń statystycznych w naszej pracy i za wskazanie właściwego wzoru statystycznego.

Tabela 2

Pszenica, po 16 roślin w aparacie
Froment, 16 plantes dans l'appareil

	Wydzielony CO_2 CO_2 dégagé mol/1 10^{-6}		Zużyty O_2 O_2 consumé mol/1 10^{-6}		$\frac{CO_2}{O_2}$	
	z próchnicą avec l'humus	bez próchnicy sans l'humus	z próchnicą avec l'humus	bez próchnicy sans l'humus	z próchnicą avec l'humus	bez próchnicy sans l'humus
średnie moyennes	446	410	343	447	1,30	1,92
Współczynnik względem przedziału ufności Coefficient en rapport d'intervalle de confiance	0,20		0,86			

Tabela 3

Kukurydza, po 4 małe rośliny w aparacie
Maïs, 4 petites plantes dans l'appareil

	Wydzielony CO_2 CO_2 dégagé mol/1 10^{-6}		Zużyty O_2 O_2 consumé mol/1 10^{-6}		$\frac{CO_2}{O_2}$	
	z próchnicą avec l'humus	bez próchnicy sans l'humus	z próchnicą avec l'humus	bez próchnicy sans l'humus	z próchnicą avec l'humus	bez próchnicy sans l'humus
średnie moyennes	704	794	329	513	2,14	1,54
Współczynnik względem przedziału ufności Coefficient en rapport d'intervalle de confiance	0,50		1,45			

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Jak widać z załączonych tabel, średnie zużycia tlenu są we wszystkich doświadczeniach niższe dla korzeni oddychających w wodzie z dodatkiem humianu, niż dla korzeni w wodzie czystej; przy tym zużycie tlenu w wodzie czystej jest w trzech doświadczeniach zbliżone. Jeśli porów-

Tabela 4

Kukurydza, po 2 duże rośliny w aparacie

Maïs, 2 grandes plantes dans l'appareil

	Wydzielony CO_2 CO_2 dégagé mol/1 10^{-6}		Zużyty O_2 O_2 consumé mol/1 10^{-6}		$\frac{CO_2}{O_2}$	
	z próchnicą avec l'humus	bez próchnicy sans l'humus	z próchnicą avec l'humus	bez próchnicy sans l'humus	z próchnicą avec l'humus	bez próchnicy sans l'humus
średnie moyennes	743	497	373	576	1,99	0,66
Współczynnik względem przedziału ufności Coefficient en rapport d'intervalle de confiance	2,00		1,55			

Tabela 5

Pomidory, po 2 rośliny w aparacie

Tomates, 2 plantes dans l'appareil

	Wydzielony CO_2 CO_2 dégagé mol/1 10^{-6}		Zużyty O_2 O_2 consumé mol/1 10^{-6}		$\frac{CO_2}{O_2}$	
	z próchnicą avec l'humus	bez próchnicy sans l'humus	z próchnicą avec l'humus	bez próchnicy sans l'humus	z próchnicą avec l'humus	bez próchnicy sans l'humus
średnie moyennes	257	160	390	541	0,65	0,29
Współczynnik względem przedziału ufności Coefficient en rapport d'intervalle de confiance	0,47		1,58			

nać ilości tlenu, pozostałego w aparatach po ukończeniu doświadczeń, można rzecz wytłumaczyć następująco: rośliny wyczerpały w przybliżeniu cały zapas tlenu w aparatach, ponieważ zaś próchnica pochłonęła część tego zapasu, więc zużycie tlenu przez rośliny w roztworze humianu musiało być mniejsze.

Tabela 6

Warunki tlenowe na końcu poszczególnych doświadczeń
Conditions d'oxygène à la fin des experiments

	Niezużyty O^2 O^2 restant mol/1 10^{-6}					
	z próchnicą avec l'humus			bez próchnicy sans l'humus		
	aparat l'appareil			aparat l'appareil		
	1	2	3	1	2	3
Pszenica, 14 roślin Froment, 14 plantes	204	207	217	281	299	329
Pszenica, 16 roślin Froment, 16 plantes	19	19	5	143	192	20
Kukurydza, 4 rośliny Maïs, 4 plantes	0	19	0	151	41	66
Kukurydza, 2 rośliny Maïs, 2 plantes	33	0	33	170	0	8
Pomidory, 2 rośliny Tomates, 2 plantes	69	0	8	121	49	170

Ilość wydzielonego dwutlenku węgla jest natomiast większa w wodzie z dodatkiem humianu w 4 doświadczeniach, a mniejsza (i to w granicach błędu) w jednym doświadczeniu. Ilość wydzielonego dwutlenku węgla w stosunku do ilości pobranego tlenu (współczynnik oddechowy) jest we wszystkich doświadczeniach większa w roztworze humianu.

Nie wszystkie różnice w pobieraniu tlenu i wydzielaniu dwutlenku węgla przez korzenie, oddychające w roztworze humianu i wodzie wodociągowej czystej, są statystycznie udowodnione. Ponieważ jednak we wszystkich pięciu doświadczeniach zużycie tlenu w roztworze humianu było mniejsze (według średnich) i ponieważ w trzech wypadkach na pięć zostało to statystycznie udowodnione, możemy twierdzić, że w obecności humianu sodowego rośliny zużyły mniej tlenu niż w wodzie wodociągowej czystej. Wobec zgodności w liczbach średnich, określających współczynnik oddechowy we wszystkich doświadczeniach i wobec statystycznego udowodnienia istotności różnic zarówno dla licznika, jak i dla mianownika w jednym doświadczeniu (tabela 4), możemy również twierdzić, że humian powodował wzrost współczynnika oddechowego.

Natomiast co do intensywności oddychania, mierzonej ilością wydzielonego dwutlenku węgla, twierdzenie musi być ostrożniejsze: pod wpływem humianu sodowego korzenie badanych roślin wykazywały wyraźną tendencję do wzmożenia intensywności oddychania. Tym samym stwierdzamy, że humian nie powodował w opisanych doświadczeniach spadku intensywności oddychania.

Na podstawie tak przeprowadzonej analizy możemy sformułować odpowiedź na zasadnicze pytanie, postawione we wstępie niniejszej pracy: W przeprowadzonych doświadczeniach wzrósł pod wpływem humianu sodowego współczynnik oddechowy korzeni, przy czym intensywność oddychania nie uległa pomniejszeniu. Z tego wypływa nieodparty wniosek, że humian sodowy częściowo zastępował tlen atmosferyczny w oddychaniu korzeni badanych roślin.

Na marginesie naszej pracy interesujące jest porównanie współczynników oddechowych roślin kontrolnych w poszczególnych doświadczeniach. Współczynniki te dla pszenicy wynosiły 0,98 i 0,92, a więc prawie równały się idealnej jedności, charakterystycznej dla biologicznego utleniania cukrowców. Współczynniki oddychania korzeni kukurydzy wynosiły 1,54 i 0,86. Dosyć wysoką liczbę 1,54 tłumaczyć można dwojako: albo rozpoczął się proces oddychania śróddrobinowego z wytwarzaniem alkoholu, albo też utlenieniu uległy poprzednio wytworzone kwasy organiczne. W doświadczeniu z pomidorami znaleziono współczynnik oddechowy bardzo niski, bo 0,29. Tak niski współczynnik spowodowany mógł być jedynie niepełnym utlenianiem biologicznym i wtórną karboksylacją, w wyniku czego w korzeniach pomidorów niewątpliwie gromadziły się kwasy organiczne. Wynik ten nie był przypadkowy, gdyż w innym doświadczeniu, przeprowadzanym na korzeniach pomidorów, otrzymaliśmy również niski współczynnik oddechowy.

Zestawienie wyników niniejszej pracy z wynikami poprzednich doświadczeń wegetacyjnych (Gumiński 1950 oraz Gumiński i Gumińska 1953) zachęca do przeprowadzenia dalszych doświadczeń nad oddychaniem korzeni. Jako hipotezę roboczą w zaplanowanych badaniach przyjmujemy, że korzenie roślin, wegetując w innym środowisku aniżeli pędy, mogą też mieć inny metabolizm oddechowy, dostosowany do warunków życia. Częściowe potwierdzenie tej hipotezy znajdujemy w badaniach Lundegårdha i jego naśladowców oraz w dotychczasowych badaniach własnych. Obecnie zamierzamy sprawdzić, czy korzenie roślin mogą w procesie oddychania wykorzystywać utlenione związki nieorganiczne podłoża, podobnie jak to czynią mikroorganizmy.

WNIOSKI

1. Potwierdza się hipotezę o kompensacji niedostatku tlenu przez humian sodowy w procesie oddychania korzeni.

2. Należy przeprowadzić badania nad możliwością kompensacji niedostatku tlenu przy oddychaniu korzeni przez inne związki, znajdujące się w naturalnym podłożu roślin.

Zakład Fizjologii Roślin WSR
we Wrocławiu

(Wpłynęło dn. 20.IV.1955 r.)

RÉSUMÉ

On a determiné comparativement l'intensité de la respiration et le quotient respiratoire des racines dans l'eau d'aqueduc pure et dans l'eau avec l'addition de l'humate de soude, en employant dans ces experiments l'apparature décrite par Lundegårdh (1935). On a fixé la consumption de l'oxygène avec la methode de Winkler et le dégagement de CO_2 à l'aide de $Ba(OH)_2$. En considération que la solution de l'humate lie chimiquement l'oxygène, ainsi que le gaz carbonique — la quantité de l'oxygène absorbée, relativement du gaz carbonique dagagée par les racines, etait determinée, comme la difference entre la quantité de ceux gazes trouvée dans l'appareil avec des plantes et entre la moyenne reçue d'experiments des contrôls simultanés, sans plantes.

Les recherches étaient executées sur le froment, le maïs et les tomates.

On a constaté, que, si la reserve d'oxygène est restrainte, l'humate de soude augmente le quotient respiratoire, sans diminuer l'intensité de la respiration.

En consequence on a obtenu l'affirmation de l'hypothèse exprimée dans l'ouvrage publiée au par avant (Gumiński i Gumińska, 1953), qui explique l'influence stimulative de l'humus sur la végétation des plantes en cas de l'insuffisance d'oxygène dans le milieu, de cette manière, que l'humus compense le manque d'oxygène dans la fonction respiratoire des racines.

LITERATURA

Christiewa Ł. A., 1953, Poczwowiedienije 10: 46—59.
Gumiński S., 1950, Acta Soc. Bot. Pol. 20: 589—620.
Gumiński S. i Gumińska Z., 1953, Acta Soc. Bot. Pol. 22: 771—785.
Lundegårdh H. u. Burström H., 1935, Biochem. Ztschr. 277: 223—249.

ACTA SOCIETATIS
BOTANICORUM POLONIAE
Vol. XXIV — Nr 4
1955

Zjawisko polisomii w konopiach di- i tetraploidalnych

Polysomatie in di- und tetraploiden Pflanzen von Cannabis sativa

T. ŁĄCZYŃSKA-HULEWICZOWA

WSTĘP

Na podstawie dotychczasowych badań (Miedwiediewej i in.) ustalono, że u konopi *(Cannabis sativa)* podstawowa liczba chromosomów wynosi x = 10. Tkanki somatyczne posiadają diploidalną ilość, czyli 20 chromosomów. Liczba ta jest prawdopodobnie stała i nie ulega indywidualnym wahaniom tak, jak np. u żyta, u którego spotyka się często odchylenia od podstawowej liczby 14 chromosomów (Müntzing, 1949). Ze względu na to, że chromosomy konopi odznaczają się małymi rozmiarami, morfologia ich nie została dotychczas opracowana. Zwrócono natomiast uwagę na pewne ciekawe zjawisko zachodzące w młodych korzonkach tego gatunku, to jest na tak zwaną polisomię. Polega ona na tym, że w niektórych partiach korzenia bądź innych dojrzałych tkankach ilość chromosomów zostaje spontanicznie zdwojona, czego rezultatem jest powstanie komórek poliploidalnych. To zwiększenie liczby chromosomów dotyczy tylko pewnych określonych tkanek lub organów — całość rośliny, zwłaszcza młode komórki merystematyczne, zachowują niezmienioną, właściwą dla danego gatunku liczbę chromosomów.

Występowanie polisomii jest, jak świadczą o tym liczne prace, zjawiskiem dość często spotykanym. Początkowo sądzono, że związane jest ono z rozdzielnopłciowością u roślin (Tuszujakowa, 1929). Niebawem jednak po przebadaniu większej liczby gatunków okazało się, że niezależnie od kształtowania się płci polisomia występuje w niektórych rodzinach częściej niż w innych, co związane jest więc z pewnymi właściwościami dziedzicznymi roślin. Wulff (1927) po zanalizowaniu większej ilości gatunków rodziny *Chenopodiaceae* znalazł w tkankach korzeniowych większości badanych roślin komórki tetra- lub oktoploidalne. Także w rodzinie *Aizoaceae* wszystkie gatunki posiadają według niego w korze pierwotnej poliploidalne jądra. Występowanie polisomatycznej tkanki zostało stwierdzone w korzonkach i komórkach tapetum szpinaku przez Langleta (1927), Litardière'a (1923), Witkusa (1945), u rącznika przez Scotta (1940), w rodzinie *Orchidaceae* przez

Miduno (1938), u *Crepis capillaris* przez Nawaszina (1936), u *Humulus japonicus* przez Tuszujakową (1929), wreszcie u konopi przez Breslawetza (1926, 1932), Litardière'a, Langleta (1927) i ostatnio przez Rizeta (1945).

Jakkolwiek spontaniczne zdwojenie liczby chromosomów zachodzi najczęściej w korze pierwotnej, czyli w periblemie młodych korzonków. to jednak zdarzają się wypadki występowania komórek polisomatycznych i w innych organach rośliny.

Ściśle związane ze zjawiskiem polisomii jest występowanie komórek wielojądrowych. Obecność bowiem większej ilości jąder w jednym protoplaście świadczy o zwiększonej ilości chromatyny oraz liczby chromosomów w danej komórce. Odkrycie wielojądrowych komórek w tkance naczyniowej rącznika zawdzięcza się pracom Nemeca (1902). Według tego autora wielojądrowe komórki (do 10 jąder w jednej komórce) mogą posiadać jądra regularnie rozmieszczone wzdłuż całej plazmy bądź jądra te mogą być umiejscowione w formie podłużnego sznurka w środku światła protoplastu. W tkankach ogórka znalazł Ervin (1939) poliploidalne jądra nie tylko w korze pierwotnej, ale również w skórce, stożkach wzrostu i zawiązkach liści. Prace Laubera (1947) wskazują na obecność polisomatycznych komórek w soczystych owocach, a Jähnla (1950) w mięsistych liściach niektórych roślin gruboszowatych. Ostatnio ukazała się praca Olszewskiej (1954) na temat powstawania komórek dwujądrowych u *Lupinus albus* i *L. luteus*. Komórki te zaobserwowane zostały przez autorkę w dermatogenie, periblemie oraz w kambium międzywiązkowym i wiązkowym hypokotylu. Jako główną przyczynę powstawania komórek dwujądrowych podaje autorka podziały amitotyczne lub zahamowanie tworzenia się fragmoplastu w czasie kariokinezy.

W związku z występowaniem zjawiska polisomii wśród wielu roślin nasuwa się przypuszczenie, że wszystkie organizmy roślinne są pod względem cytologicznym niejednorodne i wykazują często mieszaną tzw. miksoploidalną budowę. Zjawisko to dotyczy przede wszystkim tkanek starych, już zróżnicowanych, wśród których podziały kariokinetyczne są bardzo rzadkie lub w ogóle nie występują — co uniemożliwia zbadanie u nich ilości chromosomów. Przez zastosowanie odpowiednich metod udało się jednak niekiedy wywołać regenerację i podziały komórek normalnie już nie dzielących się. Winkler (1916), Geitler (1940) i inni stosowali metodę zranienia lub dekapitacji, po której u roślin posiadających duże zdolności regeneracyjne tworzył się kallus, wykazujący często sektory tetraploidalne. W innych badaniach działanie substancjami wzrostowymi, przede wszystkim heteroauksyną, wywoływało często również ujawnienie się tkanek poliploidalnych. Ponieważ wątpliwe jest, by sama

heteroauksyna lub zranienie mogło spowodować zdwojenie liczby chromosomów, należy raczej przypuszczać, że nastąpiło tu jedynie pobudzenie podziałów starych komórek poliploidalnych.

Wywołanie przez Geitlera (1940) sztucznych podziałów w bulwach *Sauromatum* ujawniło w ich komórkach wysokopoliploidalną liczbę chromosomów (4n, 8n, 16n). Podobnie tkanki liściowe *Rheo discolor* pobudzone do regeneracji wykazywały tetraploidalną budowę jąder. Autor ten stwierdził również w tkance wodnej i miękiszu gąbczastym tego gatunku występowanie poliploidalnych komórek. Działając kolchicyną na korzenie *Trianea bogotensis* udało się poza tym Geitlerowi pobudzić do podziału tkankę peryblemu i stwierdzić dzięki temu obecność komórek o zdwojonej liczbie chromosomów.

Wszystkie wymienione badania i prace wskazują na częste pojawianie się u roślin tkanek o zwiększonej liczbie chromosomów. Zjawisko to było dotychczas mało znane ze względu na to, że badania kariologiczne dotyczyły przeważnie tkanek merystematycznych dzielących się, u których liczba chromosomów jest zwykle stała.

Występowanie polisomatycznej tkanki w periblemie konopi szpinaku, chmielu i innych roślin wskazuje na to, że u tych gatunków zwiększenie liczby chromosomów nastąpiło wcześniej w ich ontogenezie, być może już w samym zarodku i dzięki temu obecność poliploidalnych komórek daje się stwierdzić już w stożkach wzrostu młodych korzeni.

Mechanizm powstawania komórek polisomatycznych nie został dotychczas dostatecznie zbadany, jakkolwiek wielu autorów starało się rozwiązać to zagadnienie. Istnieją na ten temat dwa różniące się zasadniczo poglądy, które zostaną omówione w ramach dyskusji, na tle badań własnych. Być może, że istniejące różnice tłumaczyć należy różnym materiałem doświadczalnym, używanym do badań przez poszczególnych autorów.

BADANIA WŁASNE

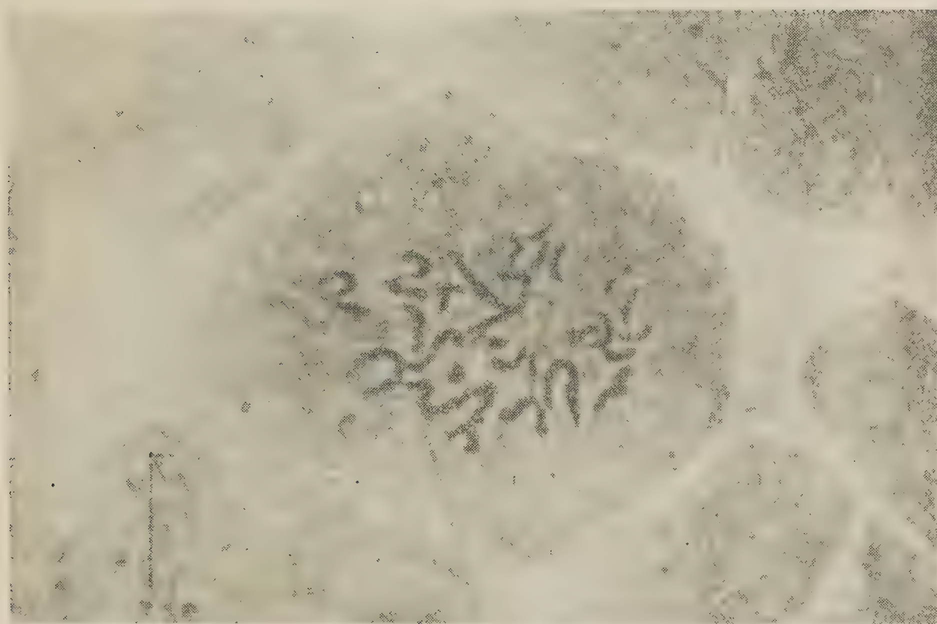
Dla przekonania się, jak zjawisko polisomii przebiega u konopi, przeprowadzono w 1952, 1953 i 1954 r. szereg analiz cytologicznych. Zostały one wykonane na odmianie konopi szwedzkich, reprodukowanych przez kilka lat w Instytucie Przemysłu Włókien Łykowych, oraz na uzyskanych przez nas formach konopi tetraploidalnych. Te ostatnie otrzymano również z konopi szwedzkich przy pomocy kolchicyny. Proces kolchicynowania przeprowadzono w r. 1948 (w ramach Katedry Hodowli Roślin i Nasiennictwa) traktując młode stożki wzrostu wodnym roztworem alkaloidu. W przeciwieństwie do innych gatunków konopie zniosły proces kolchicynowania bez dużych zmian chorobowych i rozwijały się w dalszym ciągu normalnie. Przy zbiorze zauważono kilka roślin o wybitnie dużych

nasionach. Po przeprowadzeniu analizy cytologicznej okazało się, że nasiona te były poliploidalne. Uzyskany materiał posłużył do wyhodowania w ciągu następnych lat tetraploidalnych form konopi grubonasiennych i jednopiennych. Celem zbadania, czy otrzymane formy pod względem cytologicznym są ustalone, przeprowadzano rokrocznie szereg analiz mikroskopowych. Badania te dotyczyły najczęściej młodych korzonków roślin hodowanych w kiełkownikach bądź rzadziej młodych stożków wzrostu. Analizy na częściach nadziemnych były o tyle dla roślin niekorzystne, że powodowały zbyt daleko idące uszkodzenia, po których rozwój przebiegał nienormalnie. Początkowo wszystkie preparaty wykonywano metodą rozmazów według Geitlera.

Konopie są gatunkiem bardzo silnie reagującym na warunki zewnętrzne, co ujawnia się m. in. w różnej intensywności przebiegu podziałów kariokinetycznych w zależności od czynników otoczenia. Stąd przy sporządzaniu preparatów jesienią natrafiono na pewne trudności w ocenie cytologicznej, gdyż ilość podziałów z powodu prawdopodobnie niskich temperatur i małej ilości światła była znikoma. Dlatego większość badań wykonano na wiosnę. Ustalenie ilości chromosomów w konopiach jest łatwe, gdyż są one wprawdzie niewielkie, ale dzięki znacznemu ich rozproszeniu w metafazie i nieznacznej długości, policzenie nie natrafia na większe trudności.

Już pierwsze badania cytologiczne, wykonane na materiale nasiennym pochodzącym z kolchicynowanych roślin, wykazały niejednolitą budowę potomstwa. Okazało się mianowicie, że w korzonkach roślin poliploidalnych występowały komórki tetra- (40 chromosomów) i oktoploidalne (80 chromosomów) (ryc. 1 i 2), lub tri- (30 chromosomów) i hexaploidalne (60 chromosomów). Diploidalne rośliny porównawcze posiadały natomiast di- (ryc. 3) i tetraploidalną ilość chromosomów. Równocześnie stwierdzono na podstawie badań przeprowadzonych na stożkach wzrostu pędu, że badane rośliny miały jednorodną tkankę merystematyczną w częściach nadziemnych i posiadały jednolitą budowę diploidalną bądź trilub tetraploidalną. Chromosomy były w wierzchołkach pędu nieco większe i grubsze niż w korzonkach.

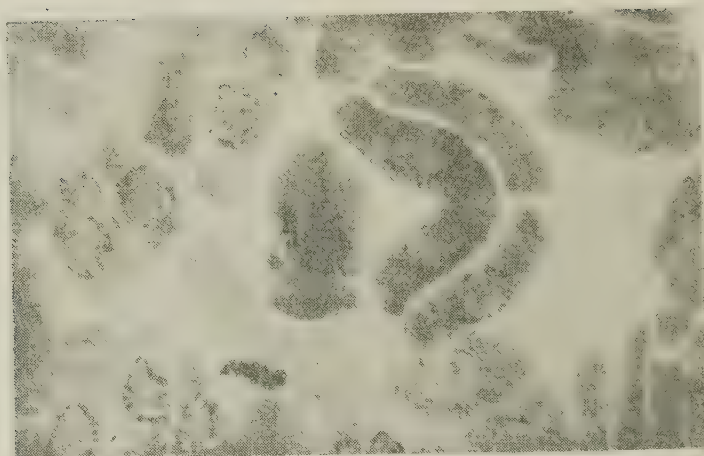
Ze względu na to, że badanie rozmazów nie pozwala na bliższe poznanie rozmieszczenia tkanek polisomatycznych w korzeniach — dalsze analizy wykonano przy zastosowaniu preparatów trwałych, krajanych przy pomocy mikrotomu. Technika sporządzania preparatów polegała na utrwalaniu w roztworze Nawaszina i barwieniu przy pomocy fioletu krystalicznego według Oehlkersa lub hematoksyliną żelazistą Heidenheina. Poprzeczne przekroje korzonków wykazywały charakterystyczne rozmieszczenie komórek polisomatycznych. Podczas gdy komórki o właściwej dla danej rośliny ilości chromosomów znajdowały się



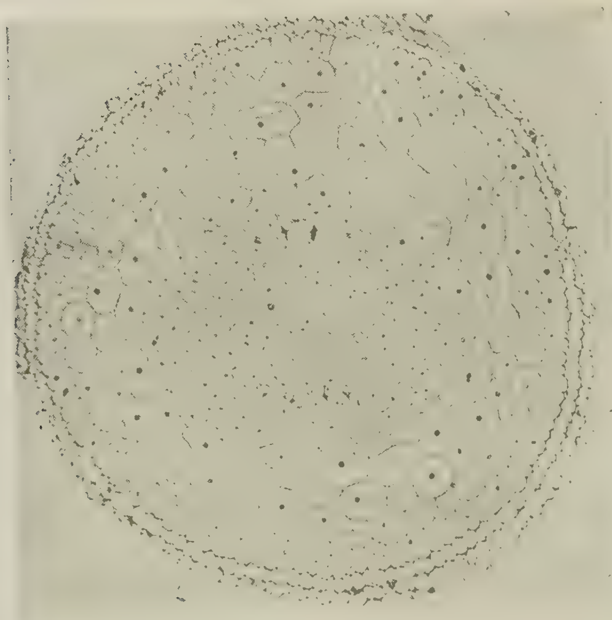
Ryc. 1. Komórka tetraploidalna (40 chromosomów) w walcu osiowym konopi tetraploidalnych. Pow. 800 ×



Ryc. 2. Komórka oktoploidalna (80 chromosomów) w korze pierwotnej korzeni konopi tetraploidalnych. Pow. 800 ×

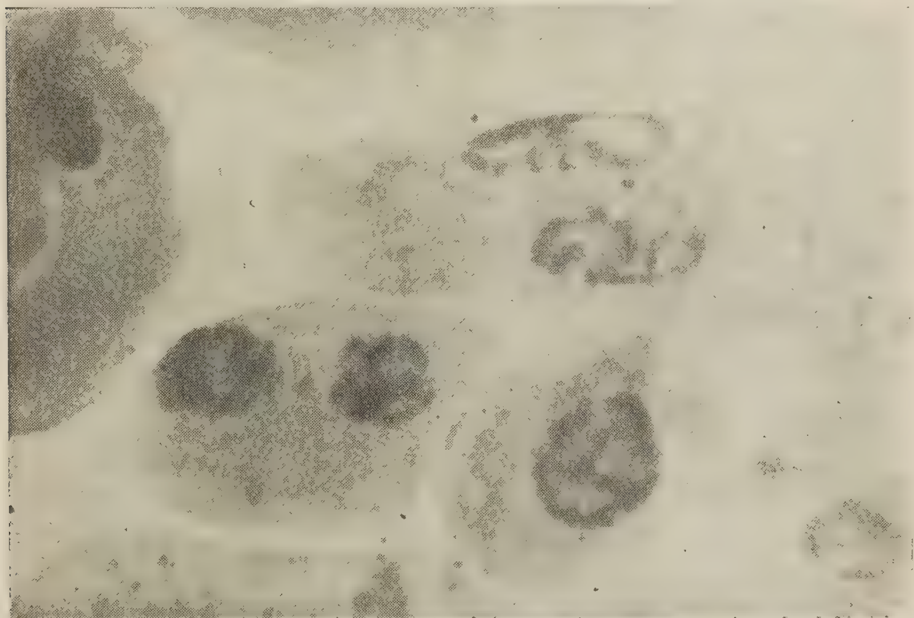


Ryc. 3. Komórka 20-chromosomowa w walcu osiowym konopi diploidalnych. Pow. 800 ×



Ryc. 4. Przekrój korzonka konopi. Widoczne drobne komórki w obrębie walca osiowego i duże poliploidalne w korze pierwotnej. Pow. 150 ×

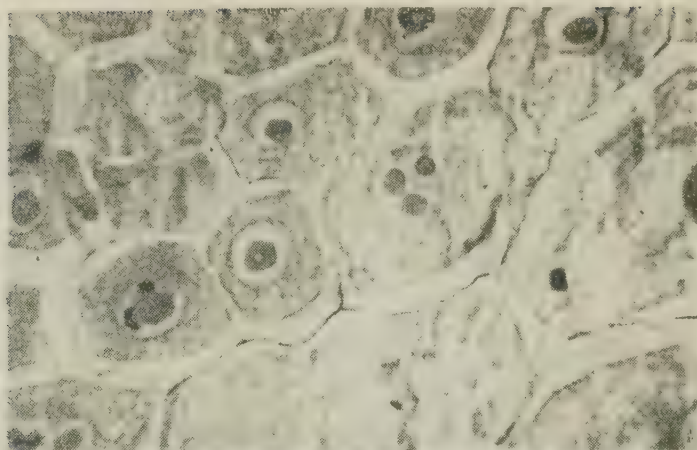
w tkance walca osiowego, komórki o zdwojonej ilości chromosomów umieszczone były w korze pierwotnej. Na rycinie 4 widać wyraźnie małe, kanciaste i o dużych stosunkowo jądrach komórki pleromu i znacznie od nich większe, często zaokrąglone i luźno rozmieszczone komórki periblemu. Mimo wyraźnie większego kształtu nie wszystkie komórki kory pierwotnej wykazywały podwójną ilość chromosomów, duża ich część posiadała taką samą liczbę, jak walec osiowy. Bliższa analiza preparatów wykazała istnienie jeszcze innych różnic cytologicznych zachodzących między korą pierwotną a walcem osiowym. Okazało się mianowicie, że komórki periblemu posiadają często po dwa, nawet po trzy jądra (ryc. 5). Jądra te leżą zwykle w preparatach trwałych bardzo blisko



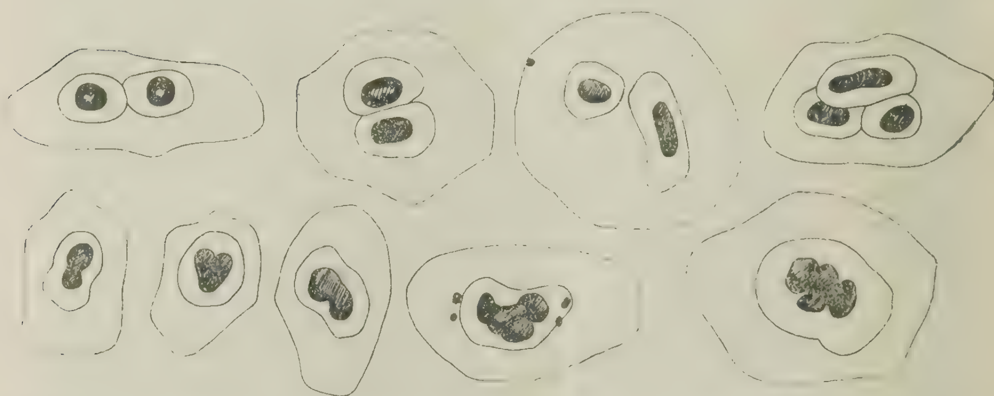
Ryc. 5. 2 komórki dwujądrowe w periblemie korzeni konopi tetraploidalnych. Pow. 1000 ×

siebie, ale są wyraźnie między sobą rozdzielone błonami jądrowymi (ryc. 6). Każde jądro posiada też osobne jąderko (ryc. 7).

Ze względu na to, że w żadnym wypadku nie zauważono wśród badanych przekrojów przewężenia jądra macierzystego i tzw. mostków, co mogłoby wskazywać na zjawisko tzw. amitozy, starano się w inny sposób wytłumaczyć pochodzenie komórek dwujądrowych. Z pomocą przyszły tu obserwacje wykonane na rozmazach. Zauważono w nich mianowicie częste występowanie podziałów kariokinetycznych, którym nie towarzyszył równoczesny podział komórki, czyli cytokineza. Dla ustalenia

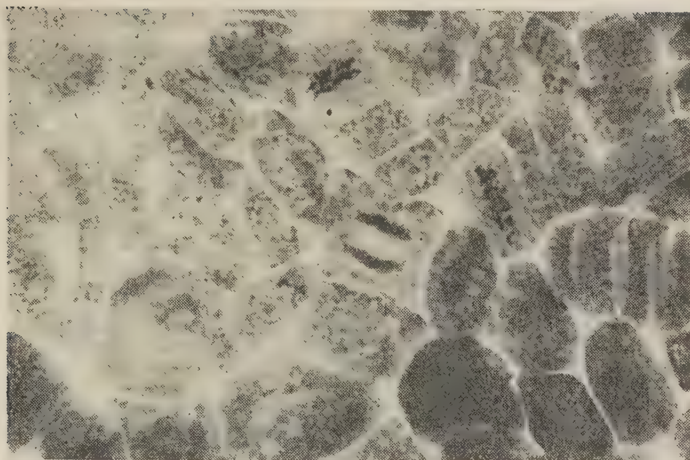


Ryc. 6. Komórka 3-jądrowa w korzeniach konopi tetraploidalnych. Pow. 700 ×

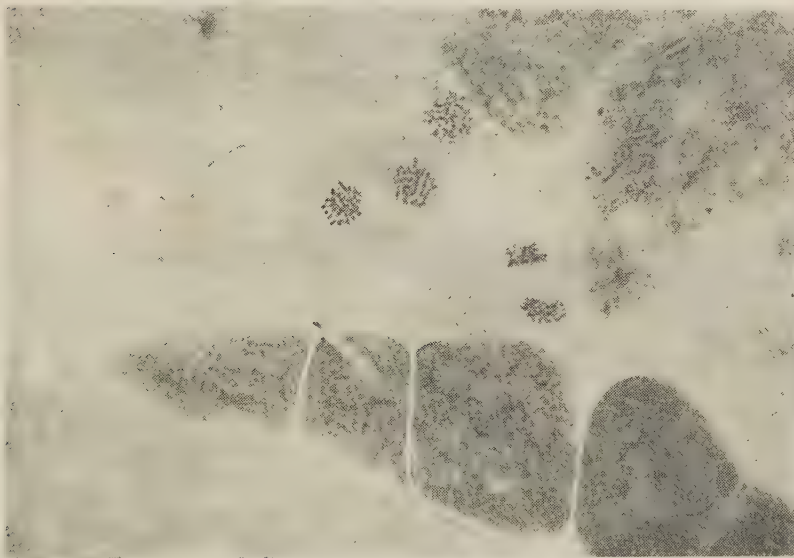


Ryc. 7. U góry komórki wielojądrowe w peryblemie konopi tetraploidalnych. U dołu komórki o jądrach powstałych na skutek fuzji

tego zjawiska zanalizowano szereg podziałów widocznych z boku i stwierdzono, że w konopiach fragmoplast tworzy się normalnie bardzo wcześnie, gdyż już w środkowej lub końcowej anafazie (ryc. 8). W niektórych komórkach natomiast, nie tylko w ana- ale i w późnej telofazie, nie można było zauważyć tworzącego się fragmoplastu (ryc. 9). Wynikiem tego rodzaju podziałów były więc komórki dwujądrowe. Ciekawy jest fakt, że w komórkach polisomatycznych (o zwiększonej ilości chromosomów) nie zauważono nigdy w czasie podziałów braku fragmoplastu, co mogłoby prowadzić do dalszego zwiększenia ilości chromosomów. Ponieważ w badanych preparatach znajdowały się tylko komórki o normalnej i zdwojonej ilości chromosomów, istnieje ścisła zależność między



Ryc. 8. Normalna anafaza z widocznym fragmoplastem w korzeniach konopi tetraploidalnych. Pow. 700 ×

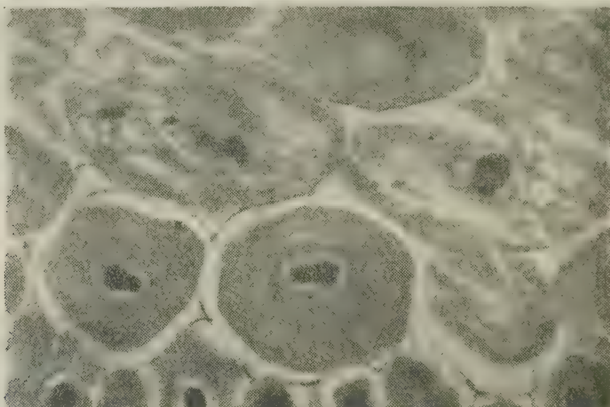


Ryc. 9. Ana- i telofaza bez fragmoplastu dająca początek komórkom dwujądrowym. Pow. 700 ×

brakiem fragmoplastu a zjawiskiem prowadzącym do powstawania komórek dwujądrowych, o podwójnej liczbie chromosomów.

Dalszy rozwój komórek dwujądrowych polega na coraz to większym zbliżaniu się jąder pochodnych, które dążą do zajęcia centralnej pozycji w komórce, takiej, jakie zajmuje jądro w komórkach jednojądrowych. Procesowi zbliżenia może jeszcze dodatkowo towarzyszyć fragmentacja (rozpad) niektórych jąder, co jest prawdopodobnie powodem występowa-

nia komórek trzyjądrowych. Dalszy przebieg zjawiska polega często na fuzji leżących blisko siebie jąder w jedno jądro pochodne (ryc. 10). Dowodem tego jest występowanie komórek o jądrach nieregularnych (fasolkowatych), których kształt wskazuje wyraźnie na niejednorodne ich pochodzenie (ryc. 11). Przy tego rodzaju procesie jąderka zlewają się także razem, zachowując jednak często pewną indywidualność, co widoczne jest najwyraźniej na preparatach barwionych fioletem krystalicznym.



Ryc. 10. Komórki polisomatyczne powstałe na skutek fuzji 2 jąder w peryblemie korzeni konopi tetraploidalnych. Pow. 700 ×



Ryc. 11. Nieregularna późna profaza w komórce dwujądrowej, w której nie nastąpiła zupełna fuzja jąder. Pow. 800 ×

Nie we wszystkich komórkach następuje fuzja jąder i jąderek. Istnieją także i takie, w których masa jądrowa łączy się razem, jąderka natomiast pozostają rozdzielone.

Zarówno komórki wielojądrowe jak i takie, w których nastąpiło zlewanie się jąder, mogą dać początek normalnym podziałom mitotycznym. Przy tym, jeżeli jądro było nieregularne, płytka metafazowa ma też kształt nieregularny (ryc. 11). W komórkach dwujądrowych o jądrach niezupełnie zbliżonych przebieg kariokinezy może być niejednoczesny i początek profazy zaczyna się w jednym jądrze wcześniej niż w drugim. Podziały kariokinetyczne w komórkach dwujądrowych bądź powstałych na skutek fuzji wykazują z reguły zdwojoną ilość chromosomów. Opisany więc proces, polegający na podziałach kariokinetycznych bez tworzenia się fragmoplastu, zlewaniu się lub zbliżeniu jąder pochodnych i następnej mitozie, prowadzi do powstania komórek o zdwojonej ilości chromosomów, czyli tzw. zjawiska polisomii. Ponieważ plerom nie posiada komórek wielojądrowych, ilość chromosomów nie ulega w nim zdwojeniu i jest taka sama, jak w tkankach całej rośliny, w korze pierwotnej natomiast obecność komórek wielojądrowych jest najwidoczniej powodem zdwojenia ilości chromosomów. Wynikiem opisanego zjawiska jest powstanie w korze pierwotnej roślin diploidalnych komórek tetraploidalnych, u tetraploidalnych zaś — komórek oktoploidalnych.

DYSKUSJA

Küster (1951) w swoim podręczniku *Die Pflanzenzelle* cytuje szereg przykładów tzw. fuzji jąder oraz braku tworzenia się przegrody pierwotnej, uważając niesłusznie to zjawisko za przejaw patologiczny. Dużo obserwacji na ten temat wykonał Nemec (1904). Pod wpływem czynników sztucznych, takich jak chloroform i wodzian chloranu, powstawały według niego komórki dwujądrowe, które po rozpuszczeniu się błony komórkowej często zlewały się razem. Również obserwował on przy uszkodzeniu mechanicznym grochu wędrówkę jąder z jednej komórki do drugiej i wreszcie zlewanie się jąder. Według Küstera fuzji ulegać mogą zarówno jądra siostrzane, jak i o dalszym pokrewieństwie. Innym przykładem może być często obserwowane zlewanie się jąder w bielmie roślin jednoliściennych, na skutek czego powstają wysokopoliploidalne komórki endospermu (Tischler, 1921, Nemec, 1904). Wspomnieć należy również, że występowanie gigantycznych komórek i jąder u różnych narośli i tumorów roślinnych jest najczęściej wynikiem zlewania się jąder.

Już po ukończeniu pracy i ustaleniu na podstawie zachodzących zjawisk mechanizmu powstawania komórek poliploidalnych w tkance periblemu konopi miałam możność zapoznania się z publikacjami radzieckiego badacza Breslavetza z 1926 r. i 1932 r., który w podobny sposób

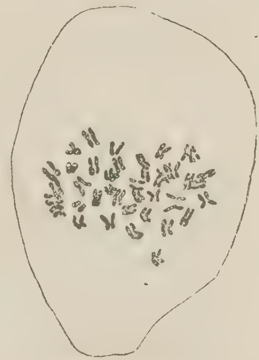
określił przyczyny zjawiska polisomii. Breslavetz opisuje powstawanie komórek poliploidalnych następująco: w dwóch sąsiednich komórkach jądra zbliżają się do ścian komórkowych dzielących oba protoplasty. Po zupełnym zbliżeniu następuje rozluźnienie i zanikanie sąsiednich błon komórkowych, po czym protoplazmy obu komórek zlewają się razem. Następnie zanikają błony jądrowe i następuje fuzja obu jąder. Ten sam proces zachodzi w jąderkach. Początkowo jądra przybierają kształt podłużny, później zaokrąglają się. Wynikiem tego procesu jest utworzenie poliploidalnych komórek. — Po przebadaniu kilku odmian konopi pochodzących z różnych okolic ZSRR autor stwierdził u wszystkich występowanie tego samego zjawiska.

Zasadnicza różnica między obserwacjami Breslavetza a naszymi polega na tym, że Breslavetz przypisuje powstawanie jąder poliploidalnych zlewaniu się 2 różnych komórek, w których zanika jedna ze ścianek, nasze zaś obserwacje wskazują na tworzenie się polisomatycznych komórek z komórek dwujądrowych, powstałych na skutek podziału mitotycznego bez tworzenia się fragmoplastu. Pogląd Breslavetza jest prawdopodobnie o tyle niesłuszny, że przy powstawaniu komórek poliploidalnych z 2 komórek pochodnych widoczne byłyby nie tylko nieregularne kształty jąder, ale również i błon komórkowych, czego z zasady nie obserwuje się. W badaniach naszych nie zauważono poza tym nigdy resztek rozpuszczonej ścianki komórkowej, o której wspomina Breslavetz. Poza tą jedną różnicą poglądy co do mechanizmu powstawania zjawiska polisomii Breslavetza i nasze są zupełnie zgodne.

Obok opisanej hipotezy istnieje także krańcowo różniąca się i druga. Zgodnie z nią zdwojenie liczby chromosomów nie polega na fuzji jąder, lecz na tzw. endomitozie. Myśl ta znalazła wielu zwolenników, tym bardziej że u owadów z rodziny *Diptera* znany był szeroko fakt reprodukcji i wzrostu chromosomów wewnątrz jądra znajdującego się w okresie spoczynku. Równocześnie zauważono, że w tkankach polisomatycznych chromosomy homologiczne układają się w czasie metafazy parami, co wskazywałoby na ich wspólne pochodzenie z chromosomu, który podzielił się podłużnie w czasie spoczynku jądra. To charakterystyczne ułożenie identycznych chromosomów zaobserwowane było przez Strassburgera (1908), Langleta (1927), Litardière'a (1923), Greitlera (1940) i wreszcie przez Gustafssona i Gentcheffa (1939). Dwaj ostatni autorzy starali się bliżej udowodnić swoją hipotezę, badając w komórkach szpinaku ułożenie chromosomów nie tylko w metafazie, ale również w poprzednich stadiach podziału kariokinetycznego Zauważyli oni, że w czasie profazy chromosomy w niektórych komórkach są wyraźnie rozdzielone na 2 podłużne połowy, przytrzymane razem w miejscu centromeru i często dookoła siebie okręcone. Tego rodzaju zja-

wisko nie może według autorów świadczyć o zlewaniu się jąder, a następnie przyciąganiu homologicznych chromosomów (wspólny centromer), lecz jedynie o podłużnym dzieleniu się początkowo pojedynczych chromosomów, czyli endomitozie. Tezę swoją starają się Gustaffson i Gentcheff potwierdzić obserwacjami nad tworzeniem się tzw. fragmentów, powstałych na skutek naświetlania promieniami Roentgena. Fragmenty te powstają według nich zawsze tylko w obrębie całych chromosomów. a nie pojedynczych chromatyd, jeżeli naświetlaniu poddaje się suche nasiona, w których nie przebiegają jeszcze podziały kariokinetyczne.

Jakkolwiek teoria podłużnego podziału chromosomów, czyli tzw. reprodukcji w okresie spoczynku (endomitoza) wydaje się być dobrze uzasadniona i słuszna, to jednak można by zauważyć w niej pewne niedociągnięcia. Wszyscy zwolennicy teorii endomitozy pomijają milczeniem fakt istnienia komórek dwujądrowych i ich zlewania się. Być może główną przyczyną jest niejednakowy materiał doświadczalny i brak komórek dwujądrowych u innych gatunków poza konopiami. Drugim zarzutem, jaki można by postawić w stosunku do teorii endomitozy, jest fakt grupowania się parami chromosomów nie tylko w tkankach polisomatycznych, ale również w normalnych diploidalnych. Takie ułożenie chromosomów obserwowane było bardzo często przez różnych autorów, m. in. przez badacza radzieckiego Nawaszina (1936) u *Crepis capillaris* oraz Strassburgera u *Galtonia* (1908). Skoro więc układanie się homologicznych chromosomów parami zachodzi w normalnej diploidalnej tkance, nie może ono być dostatecznym dowodem zaistnienia zjawiska endomitozy. W naszych badaniach zauważono grupowanie się parami chromosomów tylko wyjątkowo. Załączona rycina (ryc. 12) przedstawia tego rodzaju zjawisko.



Ryc. 12. Komórka oktoploidalna o charakterystycznym ułożeniu chromosomów parami

WNIOSKI

Na tle tych rozważań można sformułować następujące wnioski: mechanizm zjawiska polisomii nie jest jeszcze dokładnie zbadany i prawpodobnie jest bardziej złożony, niż się obecnie sądzi. Dla bliższego jego poznania powinno się badać tkanki *in vivo*, co połączone jest z dużymi trudnościami technicznymi. Dotychczasowe obserwacje wskazują na to, że nie u wszystkich roślin mechanizm spontanicznego zdwajania liczby chromosomów polega na tym samym zjawisku — przebiega on prawdopodobnie różnie, zależnie od gatunku. Powstawanie komórek dwujądro-

wych i następnie zlewanie się jąder w jedno pochodne jest bardzo częstym zjawiskiem i nie można go wykluczyć jako czynnika wywołującego zdwojenie liczby chromosomów u niektórych gatunków, przede wszystkim zaś u *Cannabis sativa.*

Instytut Przemysłu Włókien Łykowych
i Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa W. S. R.
w Poznaniu

(Wpłynęło 20.V.1955 r.)

ZUSAMMENFASSUNG

Umfangreiche zytologische Untersuchungen an Wurzelspitzen von di- und tetraploidem Hanf erwiesen, dass die Chromosomenzahlen des Periblems meistens in verdoppeltem Zustand vorkommen: Die diploiden Pflanzen haben tetraploides, die tetraploiden dagegen — octoploides Gewebe. Die Zellen des Periblems mit verdoppelter Chromosomenzahl sind viel grösser, als die normalen des Pleroms. Im Periblem konnte man öfters zweikernige Zellen, oder solche, in denen eine Kernverschmelzung stattfand, beobachten. Ihre Form war Bisquit- oder Bohnenähnlich, die Nukleolen waren auch oft verschmolzen. Da die zweikernige Zellen nur in Periblem zu finden sind, können sie als Beweis für die Entstehung der Polisomatie dienen. Ihr Mechanismus ist nach der Verfasserin wie folgend: abnorme mitotische Teilung ohne Querwandbildung haben zweikernige Zellen zur Folge. Die entstandenen zwei Kerne liegen eine Zeit lang weit von sich entfernt, dann aber nähern sie sich immer mehr und nehmen eine Zentralstelle in der Zelle an. In diesem Zustand können sie längere Zeit verbleiben, oder sie verschmelzen endlich zusammen. Die nächste Mitose kann vor oder nach völliger Kernverschmelzung stattfinden. Im ersten Falle treten oft unregelmässige Metaphasenplatten vor; sind die Kerne weit entfernt, dann verlaufen die Teilungen ungleichmässig und die Prophase beginnt in einem Kerne früher als in anderem. Wenn die vorherige Kernverschmelzung völlig beendet ist, dann ist die nachfolgende Teilung regelmässig. Die Chromosomenpaarung, die als ein Resultat einer endomitotischer Teilung betrachtet wird, kommt nur sehr selten vor.

In der Diskussion werden alle bisherige Hypothesen der Polysomatieentstehung erörtert. Die Verfasserin ist der Meinung, dass die Entstehung im Periblem von poliploiden Zellen in verschiedenen Pflanzen nicht auf demselben Wege vorkommen kann, und die Unterschiede zwischen einzelnen Autoren können deswegen auf ungleichem Versuchsmaterial beruhen. In *Cannabis sativa* scheint jedoch die Kernverschmelzung eine der wichtigsten Ursachen der Polysomatieentstehung zu sein.

LITERATURA

Breslavetz L., 1926, Polyploide Mitosen bei *Cannabis sativa*. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 44, 498.

Breslavetz L., 1932, Polyploide Mitosen bei *Cannabis sativa*. Planta 17, 644.

Darlington C. D., Janaki Ammal E. K., 1945, Chromosome atlas of cultivated plants. Georg Allen a. Unwin Ltd. London.

Erwin Cl. D., 1939, Polysomaty in *Cucumis melo*. Proc. nat. Acad. Sc. U. S. A. 25, 335.

Gentcheff G., Gustafsson A., 1939, The double chromosome reproduction in *Spinacia* and its causes, Part I, Hereditas, 25, 349; Part II, Hereditas 25, 371.

Geitler L., 1940, Die Polyploidie, der Dauergewebe höherer Pflanzen, Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 58, 131.

Jähnl G., 1950, Endomitotische Polyploidie in sukkulenten Laubblättern, Chromosoma 3, 48.

Küster E., 1951, Die Pflanzenzelle, Fischer, Jena.

Langlet O., 1927, b. Zur Kenntniss der polysomatischen Zellkerne im Wurzelmeristem, Sv. bot. Tidskr. 21, 397.

Lauber H., 1947, Untersuchungen über das Wachstum der Früchte einiger Angiospermen unter endomitotischer Polyploidisierung, Oesterr. Bot. Ztschr. 94, 158.

Litardière R., 1923, b. Les anomalies de la caryocinèse somatique chez *Spinacia oleracea* L. Rev. gen. de bot. 35, 369.

Miduno T., 1938, Chromosomenstudien an Orchidaceen I Karyotyp und Mixoploïdie bei *Cephalanthera* und *Epicactis*, Cytol. 8, 505.

Müntzing A., 1949, Accessory chromosomes in *Secale* and *Poa*, Hereditas Suppl. Vol.

Nawaszin M., 1936, Chromosomenanordnung und Chromosomenanomalien in somatischen Metaphasen und ihre Bedeutung für die Theorie der Chromosomenindividualität, Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 54, 279.

Nemec B. 1902, Über ungeschlechtliche Kernverschmelzungen, Sitzungsber. Böhm Ges. Wiss. Math.-naturw. Kl.

Nemec B., 1904, Über die Einwirkung des Chloralhydrats auf die Kern- und Zellteilung, Jahrb. f. wiss. Bot. 39, 645.

Olszewska M, 1954, Powstawanie komórek dwujądrowych drogą amitotyczną i mitotyczną u *Lupinus albus* i *Lupinus luteus*, Acta Soc. Bot. Pol. 23, 59.

Rizet G., 1945, Sur l'origine endomitotique de la polyploidie dans les racines du *Cannabis sativa*, Ref. Plant. Bred. Abstr. 1953, 23, 294.

Scott Fl. m., 1940, Size of nuclei in the shoot of *Ricinus communis*, Bot. Gaz. 101, 625.

Strassburger E., 1908, Chromosomenzahlen, Plasmastrukturen, Vererbungsträger und Reduktionsteilung, Jahrb. d. wiss. Bot. 45, 479.

Tischler 1921 22, Allgemeine Pflanzenkaryologie, Linsbauer's Handbuch d. Pflanzenanat. Berlin.

Tuszujakowa M., 1929, Untersuchungen über die Kernbeschaffenheit einiger diözischer Pflanzen. Planta 7, 427.

Winkler H., 1916, Über die experimentelle Erzeugung von Pflanzen mit abweichenden Chromosomenzahlen. Zeitschr. f. Bot. 8, 417.

Witkus E. R., 1945, Endomitotic tapetal cell divisions in Spinacia, Amer. Jour. of. Bot. 32, 326.

Wulff H. D., 1937, Die Polysomatie der Chenopodiaceaen, Planta 26, 275.

Wulff H. D., 1940, Die Polysomatie des Wurzelperiblems der Aizoaceen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 58, 400.

ACTA SOCIETATIS
BOTANICORUM POLONIAE
Vol. XXIV — Nr 4
1955

Poa nobilis n. sp., a new viviparous species of the High Tatra

M. SKALIŃSKA

INTRODUCTION

In the present paper the author describes a new viviparous *Poa*-species presumably of hybrid origin occurring at higher altitudes in the granitic part of the Tatra Mts. Its first specimens have been collected at the time of the authors studies in *Poa alpina* L. var. *vivipara* L. and prior to a more thorough examination they were regarded as very vigorous plants belonging to that species. Cytological studies however revealed much higher aneuploid chromosome numbers than those of any viviparous biotypes of *P. alpina* from the Tatra Mts. Subsequently also some distinct morphological differences between the latter species and the newly found plants have been established; in some morphological features (e. g. the occurrence of stolons) they approach to *P. granitica* Br. Bl., an endemic species of the Carpathians belonging to the section *Stoloniferae* (Nannfeldt, 1940). All members of this section investigated hitherto (*P. pratensis* L. *P. arctica* R. Br. with their various subspecies, Rancken, 1934, Flovik, 1938, Akerberg, 1942, Nannfeldt, 1940, Nygren, 1950) possess high and aneuploid chromosome numbers. The same is true of *P. granitica* Br. Bl. (Skalińska, 1954, and unpublished), as well as of plants investigated in the course of the present study.

Viviparous forms of *P. granitica* have been recently recorded by some authors (Nannfeldt, l. c., p. 28 and 34, Dostál, 1950, p. 1962, Szafer, Kulczyński and Pawłowski, 1953 p. 909). It is therefore possible that plants like those which are the subject of the present study have been previously assigned erroneously to *P. granitica* as its viviparous strains. Unfortunately, no plants of this type have been found among the numerous specimens of *Poa* from the Tatra Mts, either in the Herbarium of the Botanical Institute of the Jagellonian University in Krakow, or in the collections of the Tatra-plants of the Scientific Station at Zakopane.

In his flora of Č. S. R. Dostál (1950) gave an outline drawing of the panicle of a viviparous strain of *P. granitica*. This drawing however (fig. 655, 4c) lacks some details which would enable us to ascertain whether it

really corresponds to a form allied to *P. granitica* or to a large and robust specimen of *P. alpina*, var. *vivipara*. A correct determination of such forms ought to be based on a detailed morphological (and anatomical) analysis, supplemented by a cytological study.

Already a preliminary morphological comparative study of specimens of *P. granitica* and of the viviparous biotypes permit us to establish some differences. Subsequently detailed anatomical investigations were carried out in collaboration with Mrs J. Malecka, M. Sc.; they have added further evidence in favour of the opinion that the viviparous biotypes do not belong to *P. granitica* and should be regarded as a separate group. The results of the anatomical studies have thrown some light upon the possible origin of the viviparous biotypes. They will be published separately in due course.

MATERIAL AND METHODS

The material for the present investigation originated from 8 well separated habitats in the High Tatra (Table I). The determination of the numbers of chromosomes was based on root-tip mitoses. The plants brought from their natural habitats rooted extremely easily and abundantly both in soil and in jars with tap water. The root tips were fixed in the Navashin's fixative diluted with an equal part of distilled water; cooling of the material during fixation was important for obtaining plates with well spaced chromosomes in view of their high numbers. Microtome sections were cut at 10 μ and stained with Newton's gentian violet. After fixation, the plants were transplanted into the experimental field in Krakow. They formed there very large and dense tufts, some of which attained 30cm in diameter, and in the following year they developed abundantly large inflorescences.

Table 1

List of habitats of the specimens and their chromosome numbers

Strain N.	Habitat in the High Tatra	2n
150	Slope above the eastern border of the lake Czarny Staw over Morskie Oko (c. 1650 m o. s. l.)	c. 72
214, 215	Valley Za Mnichem, on steep shady slopes (two separate habitats); (c. 1850 m o. s. l.)	76, 72
83	Pass Wrota Chałubińskiego (2022 m o s. l.); coll. J. Winnicka	72
246	Slope of Rysy, on scree; (c. 2050 m o. s. l.); coll. A. Sokołowska	72
31	Path leading to the pass Pod Chłopkiem (c. 2100 m o. s. l.)	82
136a	Pass between Cubryna and Zadni Mnich: in a tuft of P. alpina v. vivipara (2180 m o. s. l.); coll. Z. Radwańska-Paryska	72
224, 245	Steep slope above the valley Kozia Dolinka, near the path leading to the southern peak of Granaty (1920 m o. s. l.); two biotypes	61, c. 62
84	Slope of Kasprowy (c. 1900 m o. s. l.) possibly introduced	c. 72
247	Peak of Kasprowy (1988 m o. s. l.) possibly introduced	c. 78

THE TAXONOMIC POSITION AND THE DESCRIPTION OF THE NEW SPECIES

Studies in the viviparous biotypes have shown that these plants cannot be assigned either to *Poa alpina* L. var. *vivipara* L. or to *P. granitica* Br. Bl. (see below). In respect of their morphological and anatomical features they constitute a separate well defined group manifesting some degree of diversity connected with a cytological differentiation. The representatives of this group are established on higher altitudes in the granitic part of the Tatra Mts, chiefly in the alpine layer, appearing there in rare and isolated habitats, frequently together with *P. laxa* Hke and *P. alpina* L. var. *vivipara* L. or sometimes with *P. granitica*.

This group which is readily distinguished from all *Poa* species occurring in the Tatra Mts deserves, in the author's opinion, the rank of a species. It seems probable that it is of hybridogenous origin. Concerning its taxonomic position, this new species should be assigned to the section *Stoloniferae* together with *P. pratensis* L., *P. granitica* Br. Bl., *P. arctica* R. Br., and some other northern and arctic species. The representatives of this section are perennials developing extravaginal stolons; all its species investigated hitherto have high and aneuploid chromosome numbers. Some species of *Stoloniferae* show vivipary (Nannfeldt, 1935, p. 18). It should be added, too, that Nannfeldt (1940, p. 58) assumes that the section *Stoloniferae* is of hybrid origin and has originated from inter-sectional crosses.

The new viviparous species from the High Tatra is named *Poa nobilis*. Its latin diagnosis and detailed description are given below:

Poa nobilis Skal. n. sp.

Perennis; stolonifera pluricaulis; innovationes intra- et extravaginales. Culmi erecti graciles 30 — 40 cm alti, saepe bifoliati, vagina folli superioris quam lamina longior. Folia viridia 2 — 3 mm lata in pagina superiore glabra. Ligulae ad 3 mm longae subacutae sublaceratae.

Paniculae 4.5 — 8.5 cm longae. Apex inter-et post-anthesin subpendulus. Rami gracillimi superiores singuli simplices, inferiores bini vel singuli longae, adscendentes vel horisontales, in parte distali ramosi 2 — 4 spiculas gerentes.

Spiculae biflorae; flos basalis non-transformatus, flos superior viviparus.

Glumae atro-violaceae, longae (gl. inferior 3 — 4 mm, gl. superior 4 — 4.5 mm); carinae glabrae vel apicem versus sparse spinulosae.

Lemmata florum basalium 5-nervia, 4 — 4.5 mm longa; carinae et nervi submarginales (ad 3/5 — 2/5) pilis longissimis crispis ornatae.

Paleae florum basalium inter carinas glabrae; carinae usque ad 0.8 semipilosae ad apicem glabrae.

Antherae semi-steriles non-dehiscentes.

Cum *Poa alpina* L. var. *vivipara* L. confusa, sed presentia stolonum culmis elatioribus, lemmatis crispo-villosis praeterea antheris nondehiscentibus et majore numero chromosomarum (2n = c. 62 — 82) distincta. E *Poa granitica* B r. B l. valde affinis sed differt foliis caulinis brevioribus, paniculae ramis singulis vel binis (nec ut in P. granitica 2 — 7), spiculis bifloribus viviparis (in *P. granitica* 3 — 7-floribus non-viviparis), glumis atro-violaceis (in *P. granitica* violaceis et flavo variegatis) etc.

Habitat in reg. alpina Tatrorum, rarius in reg. Mughi; solo granitico.

Perennial viviparous species. Plants tall or sometimes mediumsized, in nature mostly 30 — 40 (— 45) cm high, forming tufts with intra- and extra-vaginal shoots and developing also stolons. By this detail they are readily distinguished from *P. alpina* L. var. *vivipara* L. with which they might be confused in view of their vivipary.

Culms slender with two nodes; the upper internode long, reaching the length of 15 — 23 cm, the lower internode is notably shorter attaining hardly the length of 7 to 10 cm.

Leaves rather broad (2 — 3 mm), green. Upper surface smooth. The tips are abruptly pointed. Uppermost culm leaf with a very short blade: sheath c. 8.5 cm long, blade c. 4 cm long. The second leaf is of a similar shape but it is somewhat longer. The ligule attains the length of 3 mm; it is subacute, slightly lacerate.

The wholly developed panicle is 4.5 to 8.5 cm long, somewhat unilateral, usually drooping apically; in most biotypes it is rather loose, chiefly in its lower part, with relatively long spreading lateral branches; in some biotypes it is somewhat more compact. Basal panicle branches gracile 1,5 to 2.5 cm long, ramified, single or in pairs; distal branches shorter, single. The lateral branches bear 2 to 4 spikelets which are shortly pedicelled.

Spikelets two-flowered; the basal flower develops anthers and a rudimentary pistil while the second flower takes part in the formation of a bulbil. In some biotypes however (N. 224 and 245) no rudiments of anthers and pistil could be detected in the spikelets; such spikelets are one-flowered and develop a single bulbil.

The glumes are dark purple in most biotypes. They are rather long: first glume 3 — 4 mm long, c. 1.5 mm broad; second glume 4 — 4.5 mm long, c. 2 mm broad. The glumes are smooth or they may bear on the distal part of the keel very few small dentiform scabrities, fewer than on glumes of *P. alpina*.

Lemma of the basal flower 5-nerved, 4 — 4.5 mm long, distinctly keeled. The basal parts of the keel and of the marginal nerves are

densely covered to 3/5 — 2/5 by long thin twisted hairs which distally pass gradually into shorter straight silky hairs and in the upper part pass into short dentiform scabrities. Sometimes in the lower parts of the intermediate nerves also a few rather short hairs may appear.

The long and thin twisted hairs of the lemmata distinctly contrast with the adpressed straight silky hairs occurring on the lemmata of various clones of *P. alpina vivipara*. They differ too, from the undulate long hairs of the lemmata of *P. granitica*.

Palea of the basal flower 2.5 to 3 mm long, smooth. The keels are semi-pilose; the upper 0.2 and the basal 0.3 of the total length of the keels are free of scabrities. In the lower part longer hairs occur on the keels; they pass gradually into shorter dentiform scabrities.

In *P. alpina* the pilose part of the keels is longer: the dentiform scabrities extend till to the top of the palea, contrasting in this respect both with *P. nobilis* and with *P. granitica*. The hairs in the lower part are more elongated. In *P. granitica* the keels are covered in the pilose part with approximately uniform rather short bristle-like hairs.

The anthers of the basal flower show usually a defective development. They are non-dehiscent and contain chiefly abortive pollen, the proportion of viable grains usually not exceeding 10%. The viable grains are rather small as compared with those of the viviparous clones of *P. alpina*, in spite of the notably higher chromosome number; their diameter ranges from 26 μ to 33 μ; occasionally formed giant pollen grains attain c. 40 μ in diameter. In *P. alpina* v. *vivipara* the anthers are dehiscent and well developed; the pollen is fertile in a high proportion. The diameter of the pollen grains varies according to the chromosome number of the clones. In the two chromosomic types occuring in the High Tatra the mean values of the pollen diameter are: 29 μ for the type with 26 chromosomes and 34.5 μ for the type with 33 chromosomes. On the other hand, various biotypes of *P. granitica* show notable differences in respect of their pollen fertility; in most instances however the anthers are dehiscent but the pollen fertility is very low.

The floral parts of the second flower in the spikelet are transformed taking part in the formation of the propagule. The lemma develops into the first leaf of the bulbil. At maturity each bulbil has usually 3 leaves with narrow and elongated blades.

The above description of the new species is based chiefly on specimens from the valley Za Mnichem and the pass Wrota Chałubińskiego (Plate II, Fig. 5, 6) which should be considered as the type locality of *Poa nobilis*.

It has been mentioned already that the viviparous biotypes assigned to the new species show some degree of diversity. The most marked deviation from the type has been observed in two biotypes originating

from one habitat (N. 224 and 245). Their spikelets were one-flowered. narrower and longer (glumes: length 4 mm and 5.5 mm, width — 1 mm: lemma 5.5 mm, width 1.5 mm). The hairs of the lemma were of the usual type (long and twisted) they were however somewhat shorter and less interwoven than those of the other biotypes; they were confined to the lower half of the nerves. The palea was transformed into the first leaf of the single bulbil. No rudiments of anthers and pistils could be detected in the spikelets. It should be added that these two biotypes had lower chromosome numbers (2n = 61 — 62) than plants from other habitats (2n = 72. 76, c. 80, 82).

The above description of the new species shows that *P. nobilis* which is distinct from *P. alpina* v. *vivipara* evidently does not represent a viviparous form of *P. granitica*. It approaches in some respects the latter species but in some details it is similar to *P. alpina* while in others it seems to be intermediate between the two species. In the occurrence of stolons it corresponds to *P. granitica;* it differs however from this species as regards the shape of the cauline leaves the blade of which is shorter and more abruptly pointed. thus. similar to *P. alpina*. The shape of the ligule is intermediate.

As far as the inflorescences are concerned, the estimation of the differences between viviparous and seminiferous types presents difficulties in view of the reduction of the number of florets in viviparous spikelets and the transformation of their floral parts. The comparison of the characteristics is limited therefore to the glumes as well as the lemmata and paleae of the basal flowers which in the majority of the viviparous biotypes of *P. nobilis* and of *P. alpina* have remained unaltered. The glumes of *P. alpina* are usually dark purple, the various clones however lack uniformity in this respect; in some strains the anthocyanin is absent. In *P. granitica* the glumes show a striking variegation (purple and yellowish); by this detail its specimens may be readily identified in nature. Such a variegation has been never observed in the clones of *P. nobilis* the glumes of which are dark purple. Differences in the hairiness of the lemmata as well as the shape and distribution of the scabrities on the keels of the paleae have been mentioned above. The described differences are well marked and justify the recognision of *P. nobilis* as a separate species. Details of its anatomical structure give a further support to this opinion.

CYTOLOGY

The somatic chromosome numbers of all strains of *P. nobilis* studied hitherto proved to be relatively high and aneuploid. They show some degree of differentiation: they range from c. 61 to 82. the number 72

PLATE I

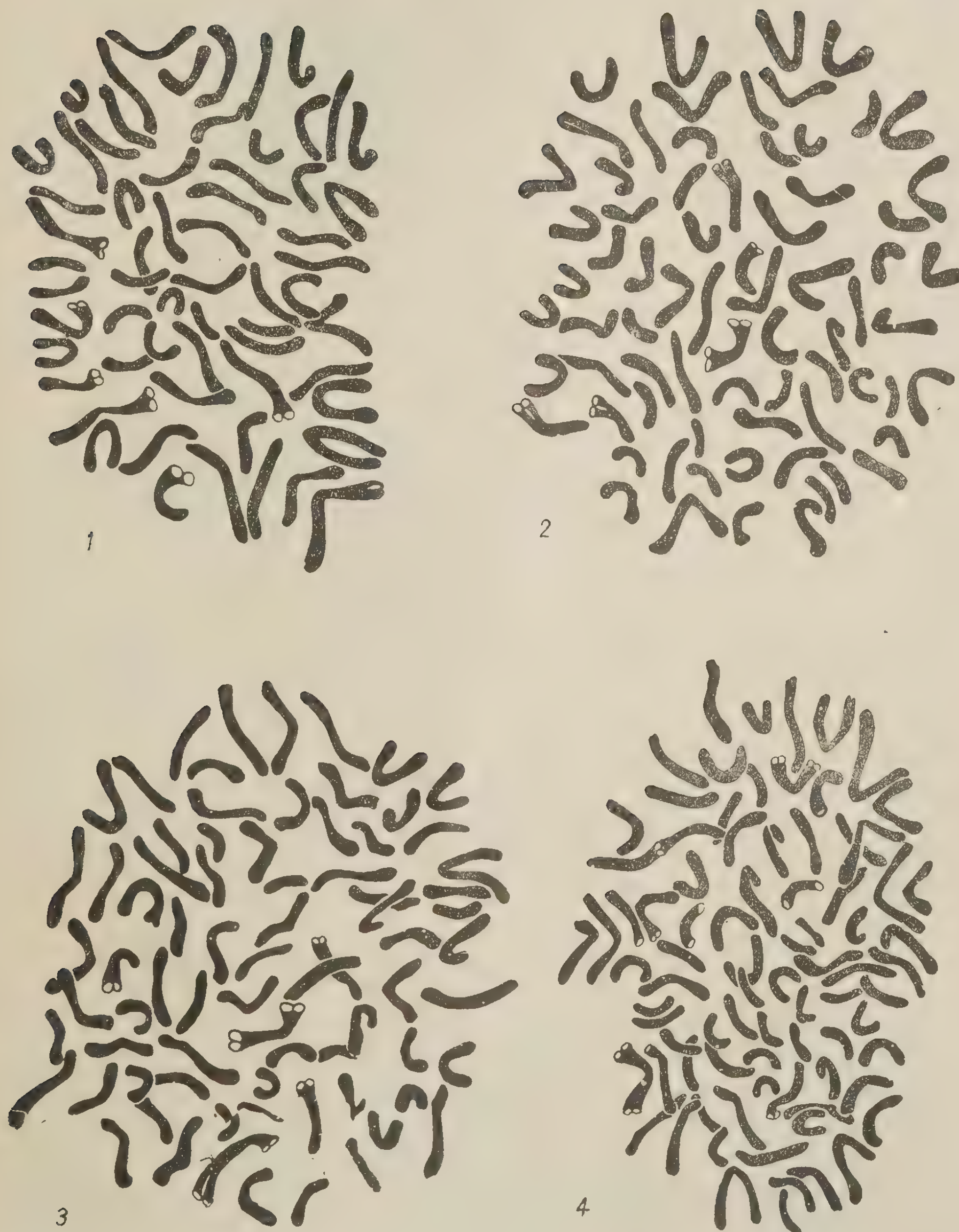


Fig. 1 — 4. Somatic metaphases from root tips of *Poa nobilis*. 1 — clone 224 (61 chromosomes); 2 — clone 215 (72 chromosomes); the same plate as that on the photo, Fig. 7; 3 — clone 214 (76 chromosomes); 4 — clone 31 (82 chromosomes) (× c. 4000).

occurring most frequently (Table I). Somatic plates of four chromosomic types, with 61, 72, 76 and 82 chromosomes are represented on figs 1 — 4 and 7. By these high numbers of chromosomes *P. nobilis* differs distinctly from *P. alpina* v. *vivipara* from the Tatra Mts (Skalińska 1952) and from other geographic areas (Müntzing, 1933, 1940, 1954; Böcher, 1938, Böcher and Larsen, 1950, Nygren, 1950). The type of cytological differentiation of this species is parallel to that found in the representatives of the section *Stoloniferae* to which it should be assigned on the basis of its morphology.

According to the results obtained by Akerberg (1942) and by Löve (1952) *P. pratensis* and its relatives show a striking diversity in respect of their chromosome numbers: in ssp. *eu-pratensis* they range from 50 to 124 (Akerberg); in the closely related Icelandic *P. irrigata* the numbers range, according to Löve, from 84 to 147. A further representative of this section, *P. arctica* R. Br. with its five subspecies described by Nannfeldt (1940) and studied cytologically by him and by Nygren (1950) shows likewise a rather high degree of cytological differentiation (2n = 39 to 88). The lowest chromosome number, viz. 39, belongs to the viviparous ssp. *stricta* (Lindeb.) Nannf. In the Tatra Mts the species *P. granitica* Br. Bl. which likewise belongs to the *Stoloniferae* also manifests some degree of cytological differentiation; the chromosome numbers in the various strains investigated hitherto by the present author range from 64 to 94 (Skalińska, 1954 and unpublished). Variable and aneuploid chromosome numbers occur also, according to the investigations of Hartung (1946) in some American species related to *P. pratensis* (*P. arida* Vasey, *P. nervosa* (Hook.) Vasey.). The cytological differentiation of *P. nobilis* is in a good accordance with that of the representatives of the section *Stoloniferae* studied till now.

THE PROBLEM OF THE ORIGIN OF *POA NOBILIS*

A few words should be added in respect of the putative origin of *P. nobilis*. Some details of its morphology and its anatomical structure suggest its hybridogenous origin. In their anatomical structure the plants studied seem to represent a combination of the features of *P. granitica* with those of *P. alpina* v. *vivipara* with a distinct prevalence of the latter species. In their morphology they are related to *P. granitica*, although in some details they approach *P. alpina* v. *vivipara*. It is possible therefore that *P. nobilis* had arisen from repeated crosses of *P. granitica* with viviparous strains of *P. alpina* which are widely distributed in in the High Tatra and produce viable pollen. Crosses of this type may lead to the production of biotypes with different chromosome numbers in view of the



Fig. 5

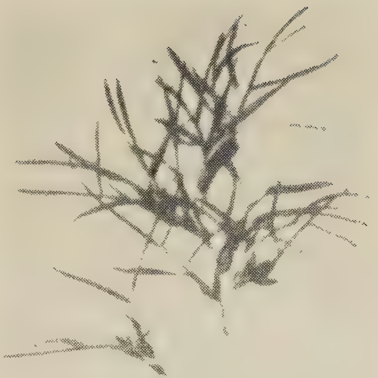


Fig. 6

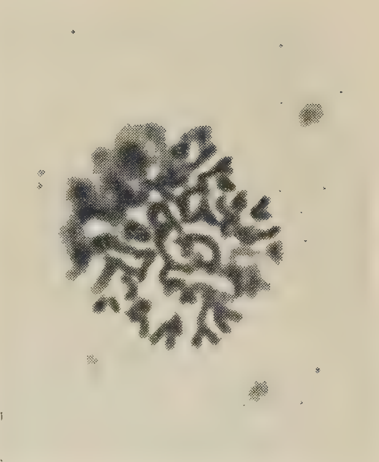


Fig. 7

Fig. 5 — Photo of a living specimen of *Poa nobilis* from the pass Wrota Chałubińskiego (clone 83). Note the occurrence of stolons (0.37 nat. size).

Fig. 6 — Photo of panicle with well developed bulbils (clone 83) (0.75 nat. size).

Fig. 7 — Microphoto of a somatic plate with 72 chromosomes (the same as Fig. 2, clone 215 (× 1750).

fact that neither of the two putative parent species is cytologically uniform.

The above assumption gains some support in the opinion of Nannfeldt (1940) concerning the putative origin of the species belonging to the section *Stoloniferae*. According to his hypothesis, they had originated from inter-sectional crosses: the patterns of evolution of *P. pratensis* L. and of *P. arctica* R. Br. involve repeated crossings and repeated chromosome summations resulting from facultative apomixis as well as intercrossing of the crossproducts (p. 58). A third species of this section, *P. granitica* Br. Bl. seems to parallel the two other species in its putative mode of origin; it is at least partially apomictic (Skalińska, 1954 and unpublished). The occurrence of inter-sectional hybrids within the genus *Poa* has been recorded frequently; these facts are important since they afford a support to the conceipt of Nannfeldt; natural hybrids between *P. alpina* (sect. *Subbulbosae)* and species of the sections *Oreinos* and *Stoloniferae* have been studied and identified by this author (Nannfeldt, 1937). The ability of forming intersectional hybrids in the genus *Poa* has been also proved by the experiments carried on in the Department of Plant Biology, Stanford, California, by Clausen, Grun et al. (1951, 1952). Artificial hybrids between the American species *Poa ampla* and *P. compressa* L. have been obtained by these authors. It should be added that *P. compressa* represents a species which has been placed by Nannfeldt, in agreement with Ascherson and Graebner, in a separate group *Tichopoa* (Nannfeldt, 1935, p. 20).

One of the two well known intersectional hybrids verified by Nannfeldt is represented by *P. jemtlandica* (Almqu.) Richt.; it is considered as a hybrid of *P. alpina v. vivipara* with *P. flexuosa* Sm. *Poa jemtlandica* is viviparous; its occurrence is restricted to central Scandinavia and Scotland; it represents a uniform group with the chromosome number $2n = 37$. The second intersectional hybrid — *Poa herjedalica* H. Smith is likewise viviparous; it is regarded as a hybrid of *P. alpina* v. *vivipara* with *P. pratensis* ssp. *alpigena*. Contrasting with *P. jemtlandica,* this hybrid manifests a high degree of diversity and represents also with regard to its chromosome numbers a non-uniform group ($2n = 47 — 80$) which, according to Nygren (1950, p. 56) bridges the two complexes corresponding to the putative ancestral species. Its area of distribution is larger than that of *P. jemtlandica;* its biotypes are widely spread in the Scandinavian mountains; it occurs also in the arctic.

Poa nobilis seems to represent in the flora of the High Tatra a species to some extent parallel to *P. herjedalica.* Like the latter form, it seems to have arisen from inter-sectional crosses; it manifests, though in a lesser degree, a morphological diversity and a cytological differentiation; it is,

likewise, viviparous and it is well established in some natural habitats on higher elevations. Its distribution in the High Tatra has not been yet studied adequately, its area however seems to be not as large as that of *P. herjedalica*. The habitats detected hitherto are distributed exclusively in the granitic (south-eastern) part of the Tatra Mts, chiefly on slopes and passes of mountain ridges in the surrounding of the lake Morskie Oko; the clones from these habitats represent the most typical forms of *P. nobilis*. Two somewhat aberrant biotypes (224 and 245) originated from a habitat situated more north-westwards. In addition to these two centres, isolated plants (listed at the end of Table I, 84 and 247) have been found in 1950 on the north-eastern slope of Mt. Kasprowy and in 1954 on its peak; the indigeneity of these plants however in the mentioned places seems doubtful in view of the fact that Kasprowy represents a track widely attended by tourists, thus, the respective plants might have been accidentally brought there in the form of bulbils from some unknown habitats on adjacent mountain ridges. A search for new habitats of *Poa nobilis* in the Tatra Mts will be undertaken in the next seasons.

In the assumption concerning the origin of *P. nobilis*, the viviparous form of *P. alpina* is considered as the putative pollen plant while *P. granitica* possibly represents the second ancestral species. The latter is an endemic species of the Carpathian range and is widely spread in the alpine layer of the High Tatra. It has high and aneuploid chromosome numbers and shows some degree of cytological differentiation. The two putative ancestral species and *P. nobilis* occur in the High Tatra in similar types of habitats, sometimes growing side by side.

It should be added that besides *P. granitica* also another species belonging to the *Stoloniferae*, viz. *P. pratensis* L. is growing in the Tatra Mts. The part of this species in the production of *P. nobilis* however is less probable in view of some differences in the anatomical structure of that species and *P. nobilis*. In ought to be emphasized too that *P. nobilis* is ecologically more similar to *P. granitica* than to *P. pratensis;* the two former species represent oreophytes; on the other hand *P. pratensis* has a remarkable ability to develop in a variety of habitats. In the Tatra Mts it is common chiefly on limestone at lower altitudes in valleys and mountain meadows, it ascends however sometimes to higher elevations and may be found there. also in the granitic part, in the form of dwarfed specimens.

It is well known that a large number of species occurring in nature are of a presumable hybrid origin, thus, in this respect *Poa nobilis* is by no means an exception. For the processes of inter-specific hybridisation especially favourable conditions seem to exist in high mountains, as it has been recently pointed out by S t e b b i n s (1954). In these regions with their great ecological diversity within relatively small areas numerous

forms of putative hybrid origin have become subsequently stabilised by some special reproductive mechanisms and are considered by taxonomists as deserving the rank of species. Apomictic forms of this origin are frequent, according to Stebbins, in the mountain flora of North America and of the Alps. The same seems to be true of the Tatra Mts with the abundance of related species within various genera and their ability of intercrossing.

Among the *Gramineae* the genus *Poa* is one of the most remarkable in this respect. Its evolutionary patterns involve intersectional crosses and intercrosses of the products of initial hybridization as well as chromosome doublings and summations resulting from facultative apomixis. In this way high and aneuploid numbers have been attained chiefly in the *Stoloniferae;* all species belonging to this section are, according to the hypothesis of Nannfeldt (1940), of hybrid origin. They show a various degree of intraspecific diversity and are able to hybridize with some other species. If one of the parent species represents a viviparous form, the cross-products may give forms which are fixed at once in the way of vivipary. Some degree of polymorphism of such hybrid populations in nature is evidently due to the frequently occurring intraspecific differentiation of the parent species. In spite of some degree of diversity however such hybrid populations represent in respect of their morphology and ecology well defined groups which proved able to establish themselves in a number of natural habitats. One of the well known viviparous forms of this origin which have received specific names is represented by *Poa herjedalica* widely spread in the mountains of Scandinavia and in the Arctic. *Poa nobilis* is a parallel mountain species occurring in the High Tatra.

SUMMARY

A new viviparous species of the genus *Poa*, named *Poa nobilis* (Latin diagnosis see p. 751) is described. This species is native in the alpine layer of the High Tatra. It is presumably of hybrid origin. Living plants representing biotypes collected in eight well separated natural habitats have been investigated and their chromosome numbers were determined from root-tip mitoses. The biotypes of *P. nobilis* represent a group well defined morphologically in spite of some degree of polymorphism connected with a cytological differentiation. On the basis of its morphology the new species ought to be assigned to the sect. *Stoloniferae* which, according to Nannfeldt (1940) had arisen from intersectional crosses. The chromosome numbers of *P. nobilis* also are in good accordance with those occurring in the *Stoloniferae:* they are relatively high and aneuploid, ranging in various biotypes from 61 to 82 (Table I). Details of the morphology and

the anatomical structure of *P. nobilis* throw some light upon its putative origin. *P. nobilis* combines the characteristics of two species growing in the Tatra Mts: *P. granitica* Br. Bl. (Sect. *Stoloniferae)* and *P. alpina* L. var. *vivipara* L. (Sect. *Subbulbosae);* these two species are considered as the putative ancestral forms from which *P. nobilis* has evolved. Thus, in its hypothetic origin the new species also parallels to some extent other species of the *Stoloniferae.*

The author's thanks are due to the persons who have kindly contributed plant specimens for the present study and to Prof. B. Pawłowski (Botanical Institute, Univ. of Krakow) and Dr. W. B. Turrill (Kew Herbarium) for taxonomical informations.

Institute of Plant Anatomy and Cytology,
University of Krakow.

(Entered 30.V.55)

REFERENCES

Akerberg E., 1942. Cytogenetic studies in *Poa pratensis* and its hybrid with *Poa alpina*. Hereditas, 28, 1 — 126.

Böcher T. W., 1938. Zur Zytologie einiger arktischen und borealen Pflanzen. Svensk. Bot. Tidskr. 32, 346 — 361.

Böcher T. W. and Larsen K., 1950. Chromosome numbers of some arctic and boreal flowering plants. Meddelelser om Grönland, 147, 1 — 32.

Braun-Blanquet J., 1929. *Poa granitica,* nouvelle graminée de l'Europe Centrale. Archives de Botanique, 3, 46 — 48.

Clausen, J., Grun P., Nygren A., Nobs M., 1951. Genetics and Evolution of *Poa.* Carnegie Inst. Wash., Year Book 50, 109 — 111.

Clausen J., Grun P., Hiesey W. M., Nobs M., 1952. New *Poa* Hybrids. Carnegie Inst. Wash., Year Book 51, 111 — 117.

Dostál J., 1950. Kwetena CSR. Praha.

Flovik K., 1938. Cytological studies of arctic grasses. Hereditas, 24, 265 — 376.

Hartung M., 1946. Chromosome numbers in *Poa, Agropyron* and *Elymus.* Amer. Journ. of Botany. 33, 516 — 531.

Löve A., 1952. Preparatory studies for breeding Icelandic *Poa irrigata.* Hereditas. 38, 11 — 32.

Müntzing A., 1933. Apomictic and sexual seed formation in *Poa.* Hereditas, 17, 131 — 154.

„ 1940. Further studies on apomixis and sexuality in *Poa.* Hereditas, 26, 115—190.

Müntzing A., 1954. The cytological basis of polymorphism in *Poa alpina.* Hereditas, 40, 459 — 516.

Nannfeldt J. A., 1935. Taxonomical and plant-geographical studies in the *Poa laxa* group. Symb. Botan. Upsalienses 1, 5.

„ 1937. On *Poa jemtlindica* (Almqu.) Richt., its distribution and possible origin. Botaniska Notiser 1937, Lund, 1 — 27.

„ 1940. On the Polymorphy of *Poa arctica* R. Br. Symb. Botan. Upsalienses 4, 4.

Nygren A., 1950. Cytological and embryological studies in arctic *Poae* Symb. Botan. Upsalienses 10, 4.

„ 1954. Apomixis in the Angiosperms. II. Botan. Rev. 20, 577 — 649.

Rancken G., 1934. Zytologische Untersuchungen an einigen wirtschaftlich wertvollen Wiesengräsern. Acta Agralia Fennica 29, 1 — 92.

Skalińska M., 1952. Cyto-ecological studies in *Poa alpina* L. var. *vivipara* L. Bull. de l'Acad. Polon. des Sciences et des Lettres, 1951, Serie B. 253 — 283.

„ 1954. The origin of *Poa granitica* Braun - Bl. and related viviparous forms occurring endemically in the Tatra Mts. Rapports et communications, VIIIe Congrès Intern. de Botanique, Paris 1954, Section 9, 85 — 87.

Szafer, Kulczyński, Pawłowski, 1953. Rośliny polskie. Warszawa, Państwowe Wydawn. Naukowe.

Stebbins G. L. Jr. 1954. Les processus de l'évolution aux hautes montagnes. Extrait de l'ouvrage „Études botaniques de l'Étage Alpin particulièrement en France" Comité scientifique du Club alpin français et Comité exécutif du 8 Congr. Intern. de Botanique. 1 — 6.

ACTA SOCIETATIS
BOTANICORUM POLONIAE
Vol. XXIV — Nr 4
1955

BIULETYN OGRODÓW BOTANICZNYCH

Nr 3, 1955

(ciąg dalszy ogólnych informacji)

12. OGRÓD ROŚLIN LECZNICZYCH INSTYTUTU ROŚLIN I SUROWCÓW LECZNICZYCH

Plewiska koło Poznania

Położenie geograficzne:

52°22′ — szer. geogr.
16°48′ — dług. geogr.
84 m n. p. m.

Władze nadrzędne: Instytut Roślin i Surowców Leczniczych w Poznaniu, ul. Libelta 27.

Data założenia: 1947 r.

Powierzchnia:

ogólna	ok.	2,25	ha
szklarni		253,5	m^2
innych pomieszczeń		42	m^2

Imię i nazwisko dyrektora:
doc. dr B o g u s ł a w B o r k o w s k i, kierownik Zakładu Farmakognozji A. M. w Poznaniu;
doc. dr M a r i a n N o w i ń s k i, kierownik Zakładu Botaniki Stosowanej i Aklimatyzacji I. R. i S. L.

Inny personel:

naukowy:	adiunkt	1
	asystent	1
techniczny:	ogrodników	2

Kolekcje ogólne i specjalne:
ogółem hodowanych gatunków i odmian: 1772

w tym: drzew i krzewów	75	gat.
system ogólny roślin leczniczych	850	„
roślin leczn. dziko rosnących w Wielkopolsce i ziemi lubuskiej	177	„
roślin leczniczych cieniolubnych	217	„
roślin szklarniowych	277	„

Działy specjalne i tereny doświadczalne:

prace doświadczalne nad wprowadzeniem do uprawy roślin leczniczych dziko rosnących oraz prace aklimatyzacyjne nad roślinami leczniczymi.

Zajęcia dydaktyczne: nie prowadzi się.

Nasieniarnia, biblioteka, pracownia, zielnik — w Muzeum Surowców Leczniczych w Instytucie w Poznaniu.

Czas otwarcia Ogrodu:

kwiecień — październik od 8 do 15,
szklarnia przez cały rok od 8 do 15.
Wstęp bezpłatny.

Wydawnictwo własne: Index Seminum.

Działalność publiczna: oprowadzanie wycieczek.

MARIA TUROWSKA

PRÓBY UPRAWY POŁONICZNIKA NAGIEGO I POŁONICZNIKA KOSMATEGO (*HERNIARIA GLABRA* L. I *HERNIARIA HIRSUTA* L.)

Państwowy Instytut Naukowy Leczniczych Surowców Roślinnych w Poznaniu

Ziele połoniczników nagiego i kosmatego zamieszczone jest w Farmakopei Polskiej II jako lek obowiązujący; dla uzyskania przeto pełnowartościowego surowca handlowego rośliny te powinny być włączone do planu upraw.

W literaturze nie spotkałam się z omówieniem zagadnienia uprawy połoniczników i dlatego właśnie założyłam z nimi próbne doświadczenia.

W latach 1953 i 1954 w Ogrodzie Roślin Leczniczych w Plewiskach połoniczniki wysiewano na nasłonecznione miejsca stałe, na glebie piaszczystej w okresie późno-jesiennym (10.XI.53 r.) oraz na wiosnę (2.IV.54 r.). Nasiona siano w ziemię dobrze wyrównaną, w rzędy co 40 cm, na głębokości 1.5 — 2 cm; ze względu na ich małe wymiary nie przykrywano ich ziemią, lecz tylko uklepywano. Przy siewie jesiennym starano się wiosną o to, ażeby nie dopuścić do pękania ziemi i tworzenia się szczelin, co niekorzystnie odbiłoby się na wschodach roślin. W tym celu uklepywano

ziemię w rządkach i wzruszano w międzyrzędziach. W zależności od terminów wysiewu wschody roślin nastąpiły w kwietniu i na początku maja 1954 r. Dalsza pielęgnacja roślin polegała na oczyszczaniu ich z chwastów i wzruszaniu w międzyrzędziach. Rośliny dobrze rozwijały się i dały bogaty zbiór surowca.

W celu dokonania obserwacji nad rozwojem wegetatywnym poszczególnych roślin — na wiosnę 1954 r. (31 marca) spośród osobników, które przezimowały, wysadzono pojedyncze egzemplarze połonicznika nagiego na poletko w rozstawie 40 × 40 cm. Rośliny w tym okresie posiadały po 8 rozesłanych pędów przyziemnych do 18 cm długich oraz korzeń palowy do 10 cm o 12 rozgałęzieniach bocznych. Rośliny dobrze zniosły przesadzenie i wykazały bujny przyrost nowych pędów. Kwitnienie rozpoczęło się 14.VI.54 r.; w tym okresie rośliny posiadały do 80 pędów długości około 30 cm każdy, z mniej więcej 15 bocznymi rozgałęzieniami. Pędy te całkowicie pokryły międzyrzędzia jak gdyby murawą i pomimo przysypania grubszych łodyg ziemią — nie korzeniły się. Korzenienie się pędów stwierdzono natomiast u roślin dwuletnich.

Dla upraw korzystniejszy wydaje się połonicznik kosmaty, połonicznik nagi posiada bowiem pędy płożące się, ściśle przylegające do ziemi, w przeciwstawieniu do kosmatego, który ma pędy bardziej wzniesione, sięgające do wysokości prawie 7 cm, co nadaje roślinie pokrój kępkowy, ułatwiający oczyszczanie jej z chwastów oraz późniejszy zbiór surowca.

MARIA TUROWSKA

PRÓBY UPRAWY PRZYWROTNIKA PASTERSKIEGO (*ALCHEMILLA PASTORALIS* BUS.)

Państwowy Instytut Naukowy Leczniczych Surowców Roślinnych w Poznaniu

Przywrotnik pasterski jest rośliną leczniczą. Zapotrzebowanie nań jako na surowiec zielarski nie jest obecnie zbyt wielkie, w przyszłości jednak może doprowadzić do wyniszczenia tej rośliny na stanowiskach naturalnych i aby temu zapobiec — należy zalecać jego uprawę.

W Ogrodzie Roślin Leczniczych w Plewiskach na wiosnę 1953 r. (18 kwietnia) z 5 kilkoletnich egzemplarzy otrzymano 90 sadzonek przez podział wegetatywny. Posiadały one kłącza o około 3 cm długości, korzenie 10 cm długości i 1 mm grubości oraz w części nadziemnej kilka liści. Rośliny wysadzono na różnych typach gleb i stanowisk w rozstawie 40 × 40 cm. Okazy znajdujące się na stanowisku otwartym, słonecznym, na ziemi gliniasto-piaszczystej z domieszką próchnicy łąkowej — czuły się najlepiej i rozwijały się najbujniej. Przez cały okres wegetacji wykazywały one regularny przyrost liści, w wyniku czego pokrój ich posiadał formę kopulasto-kępkową. W połowie lata tegoż roku poszczególne rośliny

miały do 55 liści, wysokość kępy wynosiła do 14 cm, jej szerokość 30 cm. Wielkość największych liści wykazywała 9 × 4,5 cm; kwiatostanów było 4 — 5, ich wysokość sięgała 27 cm.

W drugim roku uprawy rośliny na tym stanowisku posiadały na poszczególnych egzemplarzach do 160 liści oraz do 30 kwiatostanów.

Okazy znajdujące się na innych stanowiskach, np. na ziemi piaszczystej lub w cieniu, wykazywały pokrój nie kępkowaty, lecz rozstrzelony, przyrost bowiem nowych liści odbywał się u nich tylko w pewnych sprzyjających dla rośliny okresach czasu. Liczba liści na tych egzemplarzach była znacznie mniejsza.

Mnożenie wegetatywne powtórzono na jesieni 1953 r. oraz na wiosnę 1954 r. Wiosenne rozmnażanie roślin wydaje się bardziej właściwe.

JADWIGA TELEŻYŃSKA

WYNIKI PRAC NAD AKLIMATYZACJĄ I UPRAWĄ *CYPERUS ESCULENTUS* L.

Ogród Botaniczny we Wrocławiu

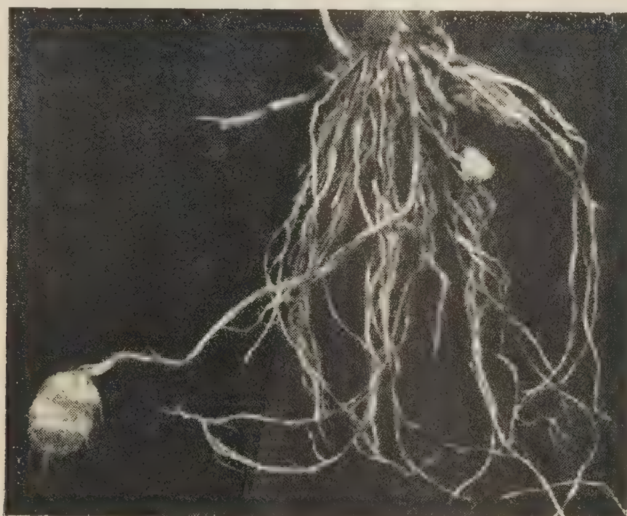
Cyperus esculentus L. — cibora jadalna lub migdałki ziemne jest rośliną pochodzenia subtropikalnego.



Fot. 1. Doświadczalne poletko *Cyperus esculentus* w Ogrodzie Botanicznym Uniwersytetu Wrocławskiego. Wrzesień 1953

fot. M. Niewitecki

W Egipcie już od przeszło 4 tysięcy lat wykorzystywano ją jako roślinę jadalną; uprawa została rozpowszechniona przez Arabów w krajach śródziemnomorskich. Na stanowiskach naturalnych jest rośliną wieloletnią, natomiast w naszych warunkach klimatycznych jest uprawiana jako roślina jednoroczna. Podziemne bulwki *Cyperus esculentus* mają wysoką wartość odżywczą i przyjemny smak podobny do migdała. Dawniej spożywane były w stanie podsuszonym i świeżym, przyrządzano z nich różne potrawy i napoje. Obecnie mają zastosowanie w przemyśle spożywczym i w technice. Olej, otrzymywany z bulwek, jest wartościowym olejem spożywczym ze względu na wysoką zawartość kwasu olejowego. Znacznie większe znaczenie ma jednak w technice, jako nieschnący smar do precyzyjnych mechanizmów.



Fot. 2. Tworzenie się pierwszych bulwek. Z lewej strony fotografii bulwka uformowana w półtora miesiąca po wysadzeniu

fot. M. Niewitecki

Bulwki *Cyperus esculentus* zostały sprowadzone do Wrocławia z Bazylei w 1950 roku. W latach 1951—1954 poza przystosowaniem do warunków miejscowych i rozmnożeniem materiału wyjściowego przeprowadzane były doświadczenia uprawowe i obserwacje wzrostu.

W 1954 roku, stosunkowo chłodnym, gdy suma temperatur dla całego okresu wegetatywnego *C. esculentus* wynosiła 2707° C., roślina ta dała niezłe plony, które w przeliczeniu na składniki odżywcze wyniosły:

Tłuszczu	877 kg/ha
Cukru	862 „
Białka właśc.	155 „
Skrobi	622 „

Plon więc jest bezwzględnie wysoki i wartościowy dzięki dużej ilości składników odżywczych, łatwostrawnych, o dużej wartości kalorycznej. Wskazują na to wyraźnie podane niżej wyniki analiz zbiorów, uzyskane na powierzchni doświadczalnej 25 m² w Ogrodzie Botanicznym we Wrocławiu w 1954 roku.

A n a l i z a p l o n u:

Średni urodzaj świeżych bulwek	67,67 q/ha
Średni urodzaj suchej masy	33,89 q/ha
Średnia waga powietrznie suchych liści	102,5 q/ha
Maksymalna waga 1000 bulwek	870 gr.
Średnia waga 1000 bulwek	310 gr.

A n a l i z a c h e m i c z n a p o w. s u c h. b u l w e k:

Woda	8,88%
Popiół	2,33%
Tłuszcz	23,69%
Cukier	23,30%
Skrobia	16,82%
Białko ogólne (ciała azotowe)	7,22%
W tym białko właściwe	4,21%
Błonnik surowy	11,30%
Inne wyciągi bezazotowe	6,46%
	100

Z a w a r t o ś ć w i t a m i n w b u l w k a c h:

Karoten (provit. A) poniżej	0,5 mg %
Tokoferol (vit. E)	4,8 mg %
Kwas askorbinowy (vit. C)	4,9 mg %



Fot. 3. Dojrzałe bulwki *Cyperus esculentus* L.
fot. M. Niewitecki

A n a l i z a t ł u s z c z u:

Ciężar właściwy	0,9197
Współczynnik załamania światła (refrakcja)	1,4705
Liczba zmydlenia	203,0
Liczba jodowa	63,5

Wyniki moich doświadczeń, obserwacji i analiz są zgodne z otrzymywanymi w innych krajach i pozwalają stwierdzić, że plon jest wysoki, a uprawa, poza sprzętem, nie nastręcza większych trudności. Celowe byłoby wprowadzenie *Cyperus esculentus* do uprawy w ogródkach przydomowych i szkolnych i przeprowadzenie dalszych badań nad możliwością wprowadzenia go do uprawy polowej jako rośliny oleistej.

Pierwsze próby w tym kierunku już podjęto. Wiadomości o udanej aklimatyzacji migdałków ziemnych, podane przez prasę codzienną, ułatwiły mi wysłanie materiału siewnego i nawiązanie kontaktu z mieszkającymi w różnych dzielnicach kraju miłośnikami uprawy nowych roślin. W bieżącym roku zainteresowałam również uprawą migdałków ziemnych parę instytutów doświadczalnych, dostarczając im bulwki celem założenia próbnych poletek.

Wyczerpujący artykuł o *Cyperus esculentus* będzie drukowany w najbliższym czasie w prasie rolniczej.

ADOLF RIEDEL

Z BADAŃ MALAKOZOOLOGICZNYCH

Instytut Zoologiczny PAN

Ogrody Botaniczne a zwłaszcza ich cieplarnie już od dawna są ciekawymi terenami badań malakozoologicznych. — W Warszawskim Ogrodzie Botanicznym od prawie 50 lat zbierano materiały do prac faunistycznych i hodowlanych. Wzmianki o ślimakach występujących na terenie tego Ogrodu spotykamy w pracach P o l i ń s k i e g o, U r b a ń s k i e g o, J a n k o w s k i e g o i F e l i k s i a k a.

Obecnie w związku z prowadzonymi przeze mnie badaniami morfologiczno-systematycznymi, ekologicznymi i zoogeograficznymi nad ślimakami z rodziny *Zonitidae* przeprowadzam obserwacje nad gatunkiem *Oxychilus helveticus* B l u m. Ślimak ten, zamieszkujący Europę zachodnią, występuje w Polsce tylko synantropijnie w cieplarniach Ogrodu Botanicznego w Warszawie. Został on zawleczony tu przed przeszło 25 laty i w pewnym stopniu zaaklimatyzował się na tym stanowisku, przetrwał więc nawet niekorzystny okres częściowego zniszczenia szklarni w czasie działań wojennych w latach 1944-45 i teraz licznie tu występuje. Obserwacje nad biologią tego ślimaka prowadzone są bądź to bezpośerdnio w cieplarniach

Ogrodu, bądź też na materiale pochodzącym stamtąd i hodowanym w Instytucie Zoologicznym P.A.N. Materiał ten wykorzystywany jest także do badań anatomiczno-systematycznych.

W Instytucie Zoologicznym prowadzone są ponadto różnego typu badania nad innymi gatunkami ślimaków, pochodzącymi z cieplarni Ogrodu Botanicznego, między innymi nad zawleczonym z Brazylii słodkowodnym ślimakiem *Pseudosuccinea peregrina* Cless.

UWAGI DLA AUTORÓW

Redakcja przyjmuje tylko pierwsze maszynopisy (a nie kopie). Objętość nadesłanych prac nie powinna w zasadzie przekraczać 1 arkusza druku; umieszczanie większych prac wymaga poprzedniego omówienia z redaktorem. Materiał ilustracyjny w postaci rysunków w tekście lub tablic umieszczanych poza tekstem należy ograniczać do niezbędnego minimum. Rysunki muszą być dokładnie oznaczone, lecz nie numerowane na samej ilustracji. Poszczególne rysunki w tablicach winny być oznaczane raczej literami niż cyframi. Podpisy do rysunków i tabel winny być napisane na maszynie oddzielnie, gdyż gdzie indziej sporządzane są klisze a gdzie indziej składane są objaśnienia do nich. Materiał tabelaryczny nie może zajmować więcej niż 1/4 całego tekstu.

Prace przyjmowane są w języku polskim, angielskim, niemieckim, francuskim i rosyjskim z tym, iż prace w języku polskim muszą posiadać tytuł obcojęzyczny oraz streszczenie i ewentualnie objaśnienia rysunków w tym samym języku. W każdym maszynopisie winno być umieszczone na końcu streszczenie ważniejszych wyników pracy. Wszystkie cytaty z literatury w tekście winny zawierać nazwisko autora oraz pierwsze litery imion wraz z datą publikacji. Spis literatury cytowanej w tekście winien być umieszczony na końcu pracy pt. „Literatura", w którym umieszczeni są autorowie alfabetycznie, a prace danego autora chronologicznie. Po nazwisku i pierwszych literach imion autora winna znajdować się data publikacji, następnie tytuł (który może być opuszczony), dalej skrót nazwy czasopisma, według reguł przyjętych w „World list of scientific periodicals" Oxford University Press 1925, następnie należy podać numer tomu i pierwszą i ostatnią liczbę stronic, oznaczoną literami arabskimi. W wypadku wydawnictwa książkowego a nie periodycznego, należy podać liczbę stronic, miejsce i datę publikacji oraz nazwisko wydawcy. Np.:

B r i d g e s C. B., 1938. A revised map of the salivary gland X chromosome. Journ. Hered. 29: 11—13.

H o b g e n L., 1933. Nature and Nurture. 144. pp. New York W. W. Norton and Co Inc.

Odnośniki w tekście powinny być w miarę możliwości unikane (zwykle mogą być umieszczane w tekście w nawiasach w miejscu do którego się odnoszą). O ile są konieczne, powinny być oznaczane cyframi.

Korekty w ilości dwóch będą wysyłane autorom: w tym celu należy wraz z maszynopisem podać dokładny adres i podawać następnie ewentualne zmiany adresu. Korekty muszą być zwracane szybko, bez większych zmian w tekście. Acta Soc. Bot. Pol. dają autorom 25 bezpłatnych odbitek bez okładek (a 75 po cenie kosztów).

Rękopisy należy przesyłać do redaktorów: prof. K. Bassalika (Warszawa, Krakowskie Przedmieście 26/28) lub doc. W. Gajewskiego (Warszawa, al. Ujazdowskie 4), wszelką zaś korespondencję w sprawach wydawniczych do Redakcji (Warszawa, al. Ujazdowskie 4).

Cena zł 20.–

CZASOPISMA NAUKOWE I POPULARNONAUKOWE

PRENUMERATA NA ROK 1956

Prenumerata zapewnia czytelnikom stałą i systematyczną dostawę czasopism. Prenumeratę na I półrocze 1956 lub na cały rok należy zgłaszać do 15 grudnia 1955 r. Wpłaty na prenumeratę przyjmuje Centrala Kolportażu „Ruch", Warszawa, ul. Srebrna 12, konto PKO Nr 1-6-100.020.

Prenumeratę przyjmują również Oddziały „Ruchu" oraz urzędy pocztowe.

W poniższym wykazie czasopism Polskiej Akademii Nauk, towarzystw i instytutów naukowych oraz Min. Szkolnictwa Wyższego ukazujących się nakładem PWN podano przy każdym z tytułów cenę prenumeraty całorocznej.

Filozofia — ekonomia

MYŚL FILOZOFICZNA, dwumies. — zł 90
MYŚL FILOZOFICZNA — Przekł., kwart. — zł 20
EKONOMISTA, dwumies. — zł 60
EKONOMISTA, Przekłady, kwart. — zł 20
PRZEGLĄD STATYSTYCZNY, kwart. — zł 48

Historia i nauki pomocnicze historii

KWARTALNIK HISTORII NAUKI I TECHNIKI, kwart. — zł 100
KWARTALNIK HISTORYCZNY, dwumies. — zł 90
KWART. HIST. — Przekłady, kwart. — zł 20
PRZEGLĄD HISTORYCZNY, kwart. — zł 60
KWARTALNIK HISTORII KULTURY MATERIALNEJ, kwart. — zł 80
WIADOMOŚCI ARCHEOLOG., kwart. — zł 76

Filologia

KWARTALNIK NEOFILOLOG., kwart. — zł 60
MEANDER, mies. — zł 60
PRZEGLĄD ORIENTALIST., kwart. — zł 60

Fizyka — astronomia

ACTA PHYSICA POLONICA, dwumies. — zł 90
POSTĘPY FIZYKI, dwumies. — zł 66
ACTA ASTRONOMICA POL., kwart. — zł 60
POSTĘPY ASTRONOMII, kwart. — zł 32
URANIA, mies. — zł 24

Chemia

ROCZNIKI CHEMII, kwart. — zł 100
WIADOMOŚCI CHEMICZNE, mies. — zł 72

Nauki o Ziemi

ACTA GEOPHYSICA POLONICA, kwart. — zł 48
ACTA GEOLOGICA POLONICA, kwart. — zł 80
CZASOPISMO GEOGRAFICZNE, kwart. — zł 40
PRZEGLĄD GEOGRAFICZNY, kwart. — zł 60
PRZEG. GEOGR. — Przekłady, kwart. — zł 48
POZNAJ ŚWIAT, mies. — zł 36
PRZEGLĄD METEOROLOGICZNY I HYDROLOGICZNY, kwart. — zł 36

Nauki biologiczne

ACTA BIOCHIMICA POLONICA, kwart. — zł 80
ACTA MICROBIOLOGICA POL., kwart. — zł 40
ACTA PALEONTOLOGICA POL., kwart. — zł 80
ACTA SOCIETATIS BOTANICORUM POLONIAE, kwart. — zł 92
CHROŃMY PRZYRODĘ OJCZYSTĄ, dwumies. — zł 24
EKOLOGIA POLSKA (SERIA B), kwart. — zł 36
FOLIA BIOLOGICA, kwart. — zł 80
KOSMOS (seria A — Biologia), dwumies. — zł 60
KOSMOS (seria B — Przyroda nieożywiona), kwart. — zł 48
POSTĘPY BIOCHEMII, kwart. — zł 60
WIADOMOŚCI PARAZYTOL., dwumies. — zł 48
WSZECHŚWIAT, mies. — zł 48

Nauki techniczne

ARCHIWUM AUTOMATYKI I TELEMECHANIKI, kwart. — zł 48
ARCHIWUM BUDOWY MASZYN, kwart. — zł 80
ARCHIWUM ELEKTROTECHN., kwart. — zł 80
ARCHIWUM GÓRNICTWA, kwart. — zł 60
ARCHIWUM HUTNICTWA, kwart. — zł 60
ARCHIWUM HYDROTECHNIKI, kwart. — zł 80
ARCHIWUM INŻYNIERII LĄD., kwart. — zł 80
ARCHIWUM MECH. STOSOW., kwart. — zł 100
GEODEZJA I KARTOGRAFIA, kwart. — zł 48
KWARTALNIK ARCHITEKTURY I URBANISTYKI, kwart. — zł 80
ROZPRAWY INŻYNIERSKIE, kwart. — zł 80
ROZPRAWY ELEKTROTECHN., kwart. — zł 80

Organizacja nauki i ogólne

NAUKA POLSKA, kwart. — zł 80
SPRAWOZDANIA Z CZYNNOŚCI I PRAC PAN, kwart. — 60 zł
BIULETYN POLSKIEJ AKADEMII NAUK
Wydział II, mies. — zł 120
Wydział III, mies. — zł 120
Wydział IV, kwart. — zł 40
ŻYCIE SZKOŁY WYŻSZEJ, mies. — zł 60

Czasopisma Instytutu Polsko-Radzieckiego

KWARTALNIK INSTYTUTU POLSKO-RADZIECKIEGO, kwart. — zł 60
SOVIETICA W POLSCE — KWARTALNY PRZEGLĄD BIBLIOGRAFICZNY, kwart. — zł 60

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE